

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

**EVOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN* E DE SUAS  
ADAPTAÇÕES: *SURVEY* E ESTUDOS DE CASO**

**MURIS LAGE JUNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

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

**EVOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN* E DE SUAS  
ADAPTAÇÕES: *SURVEY* E ESTUDOS DE CASO**

**Muris Lage Junior**

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

**Orientador: Prof. Dr. Moacir Godinho Filho**

**Agência Financiadora: CAPES e FAPESP**

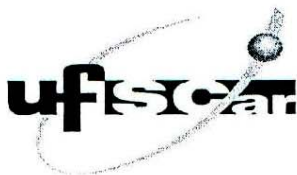
**SÃO CARLOS**

**2007**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar

L174ea	<p>Lage Junior, Muris. Evolução e avaliação da utilização do sistema kanban e de suas adaptações : survey e estudos de caso / Muris Lage Junior. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 183 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.</p> <p>1. Kanban ( Administração). 2. Planejamento e Controle da Produção. 3. Controle de produção. 4. Coordenação. I. Título.</p>
	CDD: 658.51 (20 <sup>a</sup> )

---




PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil  
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)  
Email : ppgep@dep.ufscar.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

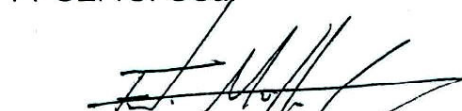
Aluno(a): Murís Lage Junior


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 03/07/2007 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:

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

  
Prof. Dr. Elávio César Faria Fernandes  
PPGE/UFSCar

  
Prof. Dr. Néocles Alves Pereira  
PPGE/UFSCar

  
Prof. Dr. Fábio Muller Guerrini  
EESC/USP

  
Prof. Dr. Alceu Gomes Alves Filho  
Coordenador do PPGE/UFSCar

---

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Matilde de Matos Vaz Lage e Muris Lage.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela saúde e pela família com condições de me dar acesso à educação.

Ao Professor Doutor Moacir Godinho Filho, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pela incessante orientação, pelo exemplo de caráter, competência e profissionalismo, e pela amizade.

Aos meus pais, Matilde de Matos Vaz Lage e Muris Lage, aos quais eu dedico este trabalho, pois sem o apoio deles este não se realizaria.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Produção, pelas lições e contribuições, especialmente ao Professor Doutor Targino de Araújo Filho, pela amizade espontânea, e pelo apoio em um momento muito especial no início de uma provável carreira. Agradeço imensamente ao Professor Doutor Mauro Rocha Côrtes, pelos aconselhamentos iniciais e pela assistência na condução da pesquisa de campo. Agradeço também ao Professor Doutor Néocles Alves Pereira pela assistência com a disciplina de sistemas de informação, e por ser uma referência de profissionalismo na área acadêmica. Ao Professor Doutor Fábio Müller Guerrini pelas contribuições e participação na banca examinadora. E finalmente, ao Professor Doutor Flávio César Faria Fernandes, pelo incentivo e pelo suporte às atividades relacionadas ao uso do auxílio pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação, pela convivência sempre saudável.

Aos colaboradores das empresas estudadas que se dispuseram a ajudar no que fosse preciso para a conclusão deste trabalho.

Ao apoio financeiro da CAPES, durante o ano de 2005, e pelo auxílio à pesquisa concedido pela FAPESP.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Apresentação do Trabalho .....	1
1.2 Questões de Pesquisa e Objetivos do Trabalho .....	2
1.3 Importância do Tema.....	3
1.4 Método de Pesquisa.....	4
1.5 Estrutura do Trabalho .....	7
<b>2 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Introdução.....	9
2.2 Sistemas de Produção Industrial.....	9
2.3 O Planejamento e Controle da Produção (PCP).....	14
2.3.1 Os Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCO) .....	18
<b>3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, <i>JUST IN TIME</i> E O SISTEMA <i>KANBAN</i>....</b>	<b>23</b>
3.1 Introdução.....	23
3.2 O Sistema Toyota de Produção .....	23
3.3 O <i>Just in Time</i> .....	29
3.4 O Sistema <i>Kanban</i> .....	31
3.4.1 Conceituação .....	31
3.4.2 Funcionamento .....	38
3.4.2.1 O Sistema <i>Kanban</i> CNE.....	38
3.4.2.2 O Sistema <i>Kanban</i> H.....	42
3.4.2.3 Outros Tipos de Sinalizadores.....	43

3.4.3 Os Componentes do Sistema <i>Kanban</i> .....	45
3.4.3.1 O Painel de Cartões de Ordem de Produção e o Posto de Cartões de Requisição .....	46
3.4.3.2 Dimensionamento do Número de Sinalizadores .....	48
3.4.3.3 Os Estoques e os Contenedores .....	50
3.4.4 O Sistema <i>Kanban</i> na Literatura .....	52
<b>4 PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA KANBAN EM EMPRESAS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>58</b>
4.1 Introdução .....	58
4.2 Principais Condições Produtivas Necessárias para a Utilização do Sistema <i>Kanban</i> Original .....	59
4.3 As Vantagens do Sistema <i>Kanban</i> .....	61
4.4 Características de Funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> Original .....	64
4.5 Proposta de um Procedimento para Avaliação da Utilização do Sistema <i>Kanban</i> em Empresas Industriais .....	66
4.6 Considerações Finais .....	72
<b>5 AS ADAPTAÇÕES DO SISTEMA KANBAN NA LITERATURA.....</b>	<b>73</b>
5.1 Introdução .....	73
5.2 Definições .....	74
5.3 Os Sistemas Que Seguem a Lógica de Funcionamento Original .....	76
5.4 Os Sistemas Que Não Seguem a Lógica de Funcionamento Original .....	86
5.5 Classificação e Análise das Adaptações do Sistema <i>Kanban</i> na Literatura .....	89
5.6 O Uso do Sistema <i>Kanban</i> Interno na Prática .....	99
<b>6 PESQUISA DE CAMPO .....</b>	<b>101</b>
6.1 Introdução .....	101
6.2 <i>Survey</i> .....	102
6.3 Estudos de Caso .....	112



6.3.1 Empresa 01 .....	116
6.3.2 Empresa 02 .....	120
6.3.3 Empresa 06 .....	124
6.3.4 Empresa 09 .....	130
6.3.5 Empresa 16 .....	133
6.4 Análise Comparativa Entre os Estudos de Caso.....	137
6.5 Considerações Finais .....	140
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>141</b>
7.1 Introdução.....	141
7.2 Respostas às questões de pesquisa .....	142
7.3 Avaliação dos Objetivos.....	145
7.4 Limitações da Pesquisa.....	146
7.5 Trabalhos Futuros .....	146
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>148</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>158</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>164</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>169</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>170</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - Artigos analisados nesta seção.....	53
QUADRO 4.1 - Principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências diretas para muitas empresas.....	60
QUADRO 4.2 - Condições produtivas necessárias ao funcionamento do sistema kanban original.....	61
QUADRO 4.3 - Relação entre as características de funcionamento do sistema kanban original e as vantagens do uso desse sistema.....	64
QUADRO 4.4 - Principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências para as empresas.....	67
QUADRO 4.5 - Relacionamento entre as características de funcionamento, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema kanban original.....	67
QUADRO 5.1 - Critério de classificação em relação à lógica de funcionamento das adaptações.....	75
QUADRO 5.2 - Códigos e vantagens das adaptações na literatura.....	91
QUADRO 5.3 - Todas as adaptações na literatura e suas principais características.....	93
QUADRO 6.1 - Síntese das respostas do questionário do <i>survey</i> .....	107
QUADRO 6.2 - Todas as adaptações na prática e suas principais características.....	138
QUADRO 6.3 - Situação das adaptações em relação às vantagens que estão deixando de usufruir e em relação à ação que deve ser tomada.....	139

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Passos, capítulos e procedimentos de pesquisa desta dissertação.....	8
FIGURA 2.1 – Modelo de entrada - transformação - saída.....	10
FIGURA 2.2 – Fluxo de materiais e informações em um sistema puxado.....	12
FIGURA 2.3 – Fluxo de materiais e informações em um sistema empurrado.....	12
FIGURA 2.4 – Estrutura do PCP.....	16
FIGURA 2.5 – Estrutura do CP.....	17
FIGURA 3.1 – Estrutura interna do Sistema Toyota de Produção.....	27
FIGURA 3.2 – Ilustração de um cartão de requisição típico da Toyota.....	36
FIGURA 3.3 – Ilustração de um cartão de ordem de produção típico da Toyota.....	36
FIGURA 3.4 – Todos os passos do funcionamento do sistema kanban CNE de duplo cartão.....	39
FIGURA 3.5 – Fluxo total interno realizado por meio do sistema kanban CNE de duplo cartão.....	42
FIGURA 3.6 – Painel de cartões de ordem de produção.....	46
FIGURA 4.1 – Procedimento para avaliação da utilização do sistema kanban em empresas industriais.....	70
FIGURA 5.1 – Estrutura básica das características dos sistemas adaptados.....	94
FIGURA 5.2 – Estrutura das propostas de mudanças das adaptações.....	95
FIGURA 5.3 – Relações entre as alterações propostas no sistema kanban original e as condições ambientais indicadas.....	96
FIGURA 5.4 – Relação entre as características de funcionamento do sistema kanban original e as adaptações identificadas na revisão deste capítulo.....	98
FIGURA 6.1 – Relação entre as seções, as questões de pesquisa e o método de pesquisa utilizado no capítulo 6.....	101
FIGURA 6.2 – Estrutura do <i>survey</i> nesta pesquisa.....	103
FIGURA 6.3 – Situação das empresas pesquisadas no <i>survey</i> .....	109
FIGURA 6.4 – Relação entre as características de funcionamento do sistema kanban original e as adaptações identificadas no <i>survey</i> .....	110
FIGURA 6.5 – Relação comparativa entre as características de funcionamento do sistema kanban original e as adaptações identificadas no capítulo 5 e no <i>survey</i> .....	111
FIGURA 6.6 – Estrutura dos estudos de caso nesta pesquisa.....	114
FIGURA 6.7 – Fluxo geral entre a produção de componentes plásticos e montagem de eletrodomésticos da empresa 01.....	117

FIGURA 6.8 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema kanban da empresa 01.....	118
FIGURA 6.9 – Fluxo geral do processo de fabricação de implementos agrícolas para plantio da empresa 02.....	121
FIGURA 6.10 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema kanban da empresa 02.....	122
FIGURA 6.11 – Fluxo geral do processo de fabricação de máquinas de lavar roupa da empresa 06.....	126
FIGURA 6.12 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema kanban da empresa 06.....	127
FIGURA 6.13 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema kanban da empresa 09.....	131
FIGURA 6.14 – Fluxo geral do processo de fabricação de pneus da empresa 16.....	134
FIGURA 6.15 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema kanban da empresa 16.....	135

## RESUMO

Este trabalho partiu da averiguação de que as mudanças recentes ocorridas no cenário competitivo industrial correspondem às condições reconhecidamente desfavoráveis ao uso do sistema *kanban* e que, devido a isso, o uso deste conhecido Sistema de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCO) precisa ser revisto. Com isso, este trabalho tem como principais objetivos avaliar a evolução da utilização do sistema *kanban* e estudar as adaptações efetuadas em sua lógica de funcionamento para a adequação deste sistema frente às novas condições competitivas, bem como avaliar as vantagens e as desvantagens dessas adaptações. Inicialmente foram realizadas revisões bibliográficas sobre o sistema *kanban*, onde trinta e três adaptações diferentes foram identificadas, classificadas e analisadas. Constatou-se, dentre outros pontos, que o desenvolvimento dos sistemas adaptados no geral encontra-se numa fase inicial, uma vez que a maioria das propostas são apenas proposições teóricas que devem ser levadas em consideração para a geração de formas mais apropriadas à prática. Após isso, foram realizadas as pesquisas de campo, por meio de um *survey* e de estudos de caso. No *survey* utilizou-se uma amostra não-probabilística de trinta empresas do estado de São Paulo que estavam implantando o sistema *kanban* no início da década de noventa. Foram identificadas 18 adaptações na prática sendo utilizadas por empresas industriais no Estado de São Paulo, porém somente 5 foram analisadas à fundo nos estudos de caso. Das 18 adaptações 7 seguem a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original e 11 não seguem. Em função dos resultados encontrados no *survey* que demonstraram a existência dessas adaptações, foi proposto um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema. As cinco adaptações estudadas nos estudos de caso possuem como principal alteração a utilização de apenas um sinalizador. Foi concluído também, por meio da aplicação do procedimento, que as empresas que utilizam adaptações do sistema *kanban* deixam de usufruir (em maior ou menor grau, dependendo da adaptação) das seguintes vantagens: controle eficiente dos estágios produtivos; facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; redução dos níveis de estoque; redução dos *lead-times*; redução de refugos e retrabalhos; atribuição de *empowerment* aos operadores; simplificação dos mecanismos de administração; e controle eficiente de informações.

**Palavras-Chave:** Sistema *Kanban*. Adaptações. Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra.

## **ABSTRACT**

This work departed from the finding that the changes occurred in the industrial competitive scenario are in conformity with the unfavorable conditions recognized for the use of the kanban system and that, due to this, the use of this well-known Systems for Coordination of Purchase and Production Orders (SCO) needs to be reviewed. Following, this research aims to evaluate the evolution of the utilization of the kanban system and study the adaptations made in its logic work to adjust it in face to the new conditions, and to evaluate the advantages and disadvantages of these adaptations. First of all, literature reviews regarding kanban system were made, and thirty three different adaptations were studied, classified and analyzed. It was found that, among other topics, the development of the adapted systems, in general, is in an initial stage, once the majority of the proposals are theoretical and might be considered to generate more appropriated practical forms. Afterwards, field research was realized, by means of a survey and case researches. In the survey, it was selected a non-probabilistic sample of thirty companies from São Paulo State that were implementing the kanban system in the beginning of the 90's. It were identified 18 adaptations in practice in São Paulo State, however only 5 were analysed in the case studies. Among the 18 adaptations, 7 follow the logic of the original system and 11 do not. Thereby, it was proposed a procedure to evaluate the use of the kanban system in that industrial companies by means of the original work characteristics, production environment conditions and advantages of the system. The five adaptations analysed in the case studies have, as the main change, the utilization of only one type of signal or card. It was also concluded, by the use of the procedure, that the companies that use adaptations of the kanban system miss (in larger or smaller degree, depending on the adaptation) the following advantages: efficient production control; facility of problem causes identification; decrease of work in process; decrease of the lead-times; decrease of the waste; empowerment; simplicity of the administration mechanisms and efficient information control.

**Key words:** Kanban System. Adaptations. Systems for Coordination of Purchase and Production Orders.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação do Trabalho

Segundo Slack *et al* (2002) “a criação de produtos e serviços é a principal razão da existência de qualquer organização, seja a empresa grande ou pequena, de manufatura ou serviço, que visa o lucro ou não”. Em outras palavras, uma organização não se desenvolve se não fizer bem o planejamento e o controle da sua produção. Neste contexto, o mundo produtivo industrial observou, no Japão, a partir da década de 50, uma reestruturação na gestão da produção e na forma de organização do trabalho decorrentes do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP) na *Toyota Motor Company*.

Com a constatação do promissor desempenho da Toyota, muitos estudos se voltaram, a partir de então, a desvendar quais os fatores responsáveis por tais resultados. Estas avaliações reconheceram que a Toyota se utilizava da reunião de um conjunto de princípios, métodos e técnicas aplicadas de forma encadeada. Dentre os métodos utilizados pela Toyota, o sistema *kanban*, usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes, se tornou um dos principais focos de pesquisa e, com isso, foi amplamente estudado e difundido. Fernandes e Godinho Filho (2006) classificam o sistema *kanban*, assim como outros sistemas não ligados à Toyota, como um Sistema de Coordenação de Ordens de produção e compra (SCO).

O sistema *kanban* foi desenvolvido dentro das características singulares da Toyota, ou seja, foi gerado para funcionar efetivamente dentro de determinadas condições produtivas e competitivas. No entanto, muitas outras empresas, naturalmente diferentes, empreenderam esforços para implantá-lo. Devido a essas diferenças, muitas destas tentativas falharam e, mediante isto, tanto na literatura quanto na prática são reconhecidas as limitações do sistema *kanban*.

Recentemente, mais do que apenas realidades produtivas e competitivas diferentes entre si, têm-se mudanças cada vez mais rápidas nas características destas condições de forma dinâmica, ou seja, a situação interna, caracterizada pelos processos produtivos e produtos, e a situação externa, caracterizada pelo fornecimento e pela demanda de cada empresa, tornam-se diferentes ao longo do tempo. Daí sobrevém a necessidade de

criar, adaptar e até mudar de SCO, que inicialmente atende à realidade e, portanto, provê um bom desempenho ao sistema produtivo, mas que em um segundo momento torna-se ineficaz. Com relação especificamente ao sistema *kanban*, muitos pesquisadores têm criado ou sugerido artifícios para utilizá-lo mesmo frente a condições desfavoráveis. Esses artifícios têm o objetivo principal de adaptar o sistema *kanban* a essas condições.

Levando-se em consideração as diferenças entre as diversas empresas industriais, as condições desfavoráveis ao uso do sistema *kanban* e as mudanças recentes ocorridas no cenário competitivo industrial, este trabalho tem como principal motivação investigar o que vem ocorrendo com o uso do sistema *kanban*. Em outras palavras, deseja-se saber se o sistema *kanban* continua sendo utilizado e, em caso afirmativo, como está sendo utilizado: se da forma como foi criado originalmente pela Toyota ou de uma forma modificada. Mais do que isso, se o sistema *kanban* está sendo utilizado de forma modificada, avaliar se essas adaptações realmente são vantajosas para as empresas também é foco deste trabalho.

## 1.2 Questões de Pesquisa e Objetivos do Trabalho

Diante do exposto na seção anterior, as principais questões que norteiam a presente pesquisa são:

- 1) O que aconteceu com as empresas que implantaram o sistema *kanban*? Continuam utilizando o sistema em sua forma original, realizaram adaptações ou o abandonaram?
- 2) Quais as adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na literatura de Gestão da Produção?
- 3) Quais as adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na prática em empresas industriais?
- 4) Não estariam as empresas perdendo as vantagens associadas ao uso do sistema *kanban* utilizando essas adaptações?

Inicialmente tinham-se somente as três primeiras questões de pesquisa, porém, a quarta questão surgiu durante a pesquisa, após a obtenção dos resultados do *survey*, que confirmaram a existência de adaptações (primeira questão de pesquisa).



Com isso, o presente trabalho tem como objetivo geral, que serve como orientador para os objetivos específicos, identificar e analisar as adaptações que o sistema *kanban* sofreu na teoria e na prática. Dessa forma, os objetivos específicos são:

Objetivo Específico 1: Verificar o que aconteceu com algumas empresas industriais do Estado de São Paulo que implantaram o sistema *kanban*, com relação ao uso do referido sistema;

Objetivo Específico 2: Identificar quais os tipos de adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na literatura de Gestão da Produção, bem como suas vantagens e desvantagens;

Objetivo Específico 3: Identificar quais os tipos de adaptações existentes atualmente na prática em algumas das empresas industriais do Estado de São Paulo;

Objetivo Específico 4: Propor um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais. Este objetivo foi acrescentado em consequência do alcance do objetivo específico 1. Além disso, a proposição e utilização desse procedimento se fez necessária para se responder a quarta questão de pesquisa;

Objetivo Específico 5: Diagnosticar quais as vantagens e desvantagens das adaptações do sistema *kanban* realizadas pelas empresas estudadas no Estado de São Paulo, utilizando o procedimento proposto (objetivo específico 4).

### **1.3 Importância do Tema**

As duas finalidades principais deste trabalho são avaliar a utilização do sistema *kanban* atualmente e estudar as adaptações deste sistema existentes, bem como suas vantagens e desvantagens. Com isso, espera-se contribuir principalmente demonstrando a transformação do uso do sistema *kanban*, desde sua criação até os dias de hoje, tanto na literatura, quanto na prática.

Com a exploração das adaptações do sistema *kanban* existentes, tanto na literatura quanto na prática, pretende-se fornecer as seguintes contribuições:

a) Constatar o que há de mais atual com relação ao uso do sistema *kanban*;

- b) Mostrar, dentre as adaptações existentes tanto na literatura quanto na prática, as que realmente seguem as características de funcionamento do sistema original e as que não seguem;
- c) Propor um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Segundo White e Prybutok (2001), embora muitos gerentes tenham feito uma série de esforços e tentativas de implantação do JIT, muitos dos conceitos associados a essa prática continuam sendo pouco entendidos. Um destes conceitos é o sistema *kanban*, o qual é aplicado muitas vezes de forma incorreta ou em condições externas e internas impróprias para sua utilização. Dessa forma, espera-se que os resultados deste trabalho sirvam também de referência para as empresas industriais que pretendem implantar o sistema *kanban*, auxiliando-as a identificar tanto suas vantagens e desvantagens quanto à adequação ou não de seu propósito dentro das necessidades e condições internas e externas da empresa, por meio do procedimento proposto. Além disso, expondo as adaptações existentes, espera-se que haja clareza com relação ao seu uso no formato original. A identificação das adaptações existentes na literatura também servirá de referência, tanto para as empresas que já utilizam o sistema quanto para as empresas que pretendem utilizar, pois se poderá analisar se essas adaptações são vantajosas ou não.

Além das contribuições anteriores, cada capítulo traz subsídios tanto para o próprio trabalho, alcançando seus objetivos, como para outros pesquisadores, ou mesmo para a prática, por meio das revisões da literatura, expondo, classificando, interpretando e analisando de forma estruturada o tema.

#### **1.4 Método de Pesquisa**

Segundo Ander-Egg (1978) citado em Lakatos e Marconi (2005), “a pesquisa é um procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento.” Dessa forma, a pesquisa nada mais é do que um caminho para o conhecimento, e requer um procedimento formal, métodos e tratamento científico.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser quantitativa, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las e qualitativa, onde o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Bryman (1989) expõe que as principais preocupações da abordagem quantitativa são a mensurabilidade, a generalização e a replicabilidade. Já com relação à abordagem qualitativa, Ghauri e Gronhaug (1995) enfatizam que esta é adequada para a realização de estudos de assuntos complexos como o comportamento organizacional, permitindo a obtenção de detalhes pelo pesquisador. Segundo Martins (1998), estas duas abordagens estão amplamente difundidas na área organizacional.

Bryman (1989) divide as pesquisas na área organizacional em quatro métodos principais:

- Pesquisa experimental: por meio do controle sistemático das variáveis, o pesquisador examina suas relações de causalidade;
- Pesquisa de avaliação (ou *survey*): o pesquisador utiliza geralmente questionários e ou entrevistas, coletando dados quantificáveis;
- Estudo de caso: estudo das características das unidades de análise, de forma a testar teorias ou confirmar resultados;
- Pesquisa-ação: o pesquisador, neste caso, colabora no desenvolvimento da solução do problema pesquisado.

Quanto às abordagens de pesquisa, neste trabalho utiliza-se tanto a quantitativa quanto a qualitativa, na forma denominada por Creswel (1994) de “duas fases” separadas. Freitas *et al* (2000) também argumentam a respeito das vantagens de se combinar as duas abordagens. Na primeira fase é utilizado como método de pesquisa o *survey* e, na segunda fase, o estudo de caso. As técnicas utilizadas são:

- a) Questionários estruturados (*survey*): utilizando um questionário previamente estabelecido, apresentado no apêndice A; a explicação das perguntas do questionário encontra-se no apêndice B;
- b) Questionários não-estruturados (estudo de caso): utilizando um roteiro previamente estabelecido, apresentado no apêndice C;
- c) Observação estruturada (estudo de caso): utilizando uma lista de checagem, apresentada no apêndice C;

O *survey* é utilizado para responder à pergunta: o que aconteceu com as empresas que implantaram o sistema *kanban*? O objetivo será estabelecer, dentro de uma determinada amostra de empresas no Estado de São Paulo, quantas empresas deixaram de

utilizar o sistema e as causas do abandono do sistema, quando for o caso, sendo, portanto, neste caso de cunho explanatório. Além disso, pretende-se identificar os casos de adaptação do sistema *kanban*, evidenciando as possibilidades para os estudos de caso; portanto, neste caso, o *survey* apresenta propósito exploratório. Por fim, pretende-se descrever a situação das empresas com relação ao uso do sistema *kanban*, ou seja, com o propósito descritivo. Forza (2002) salienta que o *survey* exploratório geralmente é aplicado nos estágios iniciais da pesquisa para a obtenção de uma melhor clareza a respeito do tema e para servir de base para uma pesquisa posterior mais a fundo ou detalhada. Este mesmo autor sugere que o *survey* descritivo, dentre outros objetivos, busca a descrição da distribuição do fenômeno na população de interesse. Por essas propriedades, adotou-se também neste trabalho o *survey* como método de pesquisa, aplicado anteriormente aos estudos de caso.

Os estudos de caso são fundamentalmente exploratórios e descritivos, para responder “como” são utilizados os sistemas adaptados, “por que” são utilizados de tal forma e “quais” são suas vantagens e desvantagens, tendo como objetivo, nesta pesquisa, comparar a teoria e os fatos e ilustrar o uso do procedimento de avaliação proposto pela presente pesquisa. Além disso, a realização dos estudos de caso permitirá que seja respondida a quarta questão de pesquisa. Uma vez que o comportamento desses sistemas adaptados é complexo e contemporâneo e, além disso, as variáveis envolvidas (vantagens e desvantagens) não podem ser controladas pelo pesquisador, a escolha deste método está dentro das circunstâncias adequadas, segundo Bryman (1989), Ghauri e Gronhaug (1995) e Freitas *et al* (2000).

A pesquisa tem um corte-transversal, ou seja, a coleta dos dados ocorre em um único momento, porém com a utilização de dados de uma pesquisa anterior, de Côrtes (1993). Baseando-se neste estudo feito em 1993, utilizou-se uma amostra para o *survey* não probabilística, do tipo por conveniência, para assegurar que as empresas pesquisadas utilizam ou tentaram implantar o sistema *kanban*. É reconhecido neste trabalho, assim como salientam Alreck e Settle (1995), que a amostra por conveniência tem como principal desvantagem possuir baixa representatividade em relação à população, porém, este trabalho não tem como intuito a generalização dos resultados obtidos no *survey*.

Além do *survey* e dos estudos de caso, neste trabalho é utilizada a pesquisa do tipo teórico-conceitual. A pesquisa teórica não implica imediata intervenção na realidade, mas nem por isso deixa de ser importante, pois seu papel é decisivo na criação de condições para a intervenção. De acordo com Berto e Nakano (1998) este procedimento “é fruto de uma série de reflexões fundamentadas em um fato observado ou exposto pela literatura”. A pesquisa

bibliográfica pode ser aí enquadrada já que o objetivo é explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas.

A revisão bibliográfica é um método bastante utilizado para examinar, de forma abrangente, diferentes abordagens sobre o tema a ser estudado. No caso desta pesquisa, é revisada a literatura a respeito do Planejamento e Controle da Produção (PCP), do sistema *kanban* e suas adaptações por meio de teses, dissertações, artigos e livros.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em oito capítulos, incluindo esta introdução.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre Planejamento e Controle da Produção (PCP), com o objetivo fazer uma exploração dos principais conceitos necessários à condução desta pesquisa, por meio da apresentação dos termos essenciais do PCP.

No capítulo três é feita uma revisão bibliográfica sobre o sistema *kanban*.

Com base nas revisões dos capítulos dois e três, no capítulo quatro é proposto um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema. Este capítulo tem uma relação direta com os resultados observados na pesquisa de campo. Em função dos resultados do *survey* constatou-se que seria necessário criar uma forma de avaliar as adaptações existentes na prática em algumas empresas do Estado de São Paulo.

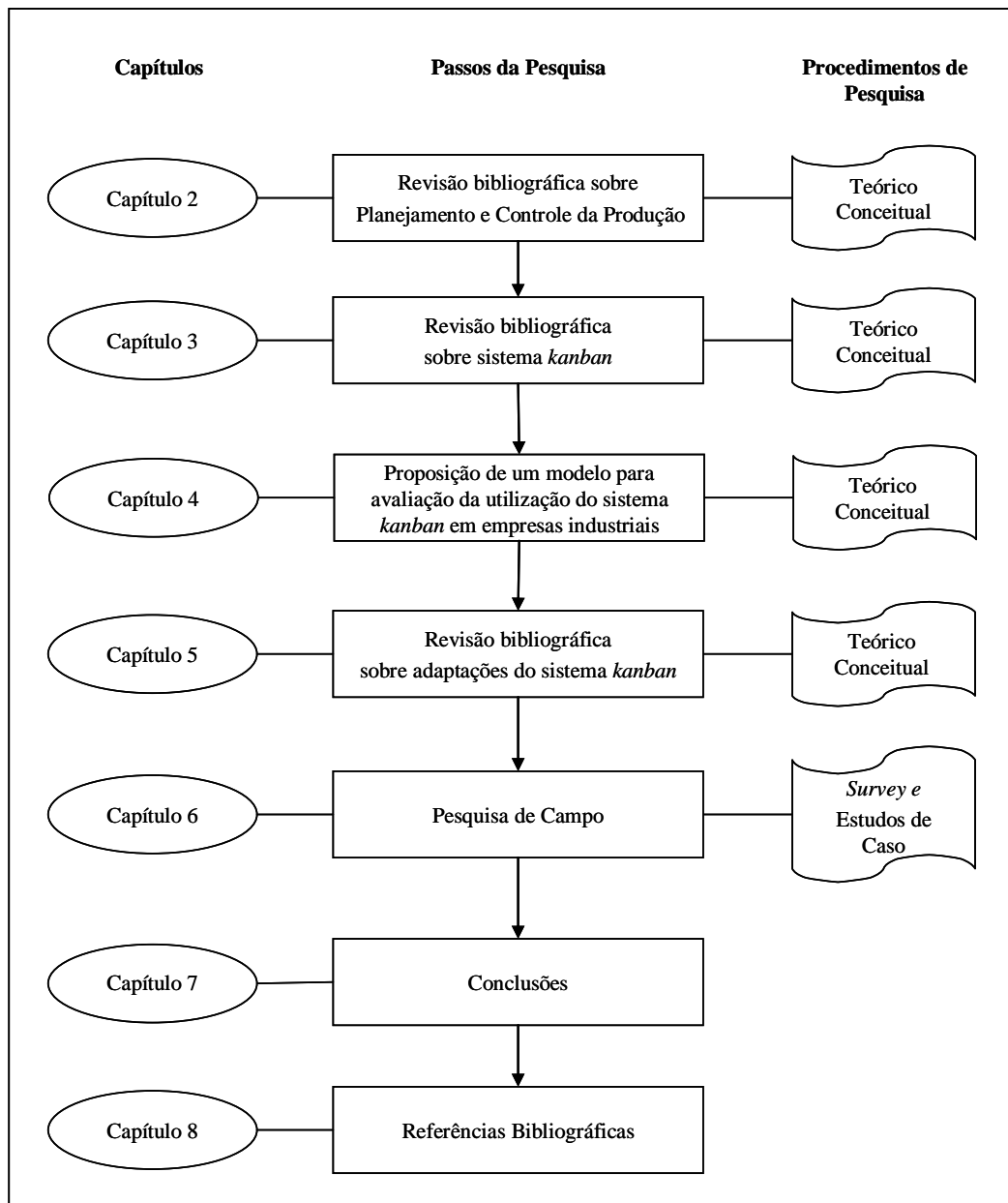
Já no capítulo cinco, o tema da revisão são as adaptações do sistema *kanban*.

No capítulo seis é realizada a pesquisa de campo. Neste capítulo, por meio do *survey* é verificado o que aconteceu com uma amostra de empresas com relação ao uso do referido sistema, e são identificadas as potenciais adaptações. Nos estudos de caso são estudadas as adaptações do sistema *kanban* na prática, fazendo-se um paralelo com os resultados da pesquisa teórico-conceitual do capítulo cinco e ilustrando o uso do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais, proposto pela presente dissertação.

O capítulo sete, as conclusões, finaliza esta pesquisa, concluindo o trabalho com o levantamento de todos os pontos relevantes do estudo, além da exposição das limitações da pesquisa e proposição de trabalhos futuros.

O capítulo oito dispõe a relação da bibliografia utilizada para a realização deste trabalho.

A figura 1.1 a seguir mostra os passos, capítulos e procedimentos de pesquisa para este trabalho.



**FIGURA 1.1 – Passos, capítulos e procedimentos de pesquisa desta dissertação.**

A primeira, a terceira e a quarta questões de pesquisa são respondidas no capítulo seis e a segunda questão de pesquisa é respondida no capítulo cinco.

## **2 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

### **2.1 Introdução**

Novas tecnologias, novos produtos e processos, sistemas e técnicas permitem diferentes iniciativas competitivas para as empresas industriais. O mercado exige novas leituras nas estratégias das companhias, as quais frequentemente requerem mudanças na manufatura, nos processos e nos sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e suas respectivas ferramentas.

É nesse contexto que se situa o presente capítulo, que tem como objetivo fazer uma exploração dos principais conceitos necessários à condução desta pesquisa, por meio da apresentação dos termos essenciais do PCP.

Pires (2004) argumenta que a contextualização e o posicionamento são muito úteis para preparar a discussão do contemporâneo de forma mais objetiva. Dessa forma, este capítulo está organizado em 4 seções além desta introdução, onde a seção 2.2 define, classifica e analisa os sistemas de produção industrial. A seção 2.3 trata da definição do PCP, com foco na sua estrutura e relação com os objetivos da organização e com os sistemas de produção industrial. Na medida em que o PCP assume posição central no atendimento das prioridades competitivas das empresas industriais, ou, nas palavras de Corrêa e Giansesi (1997), “os sistemas de PCP são o coração dos processos produtivos”, ele adquire papel fundamental na discussão deste capítulo e para a pesquisa como um todo. A emissão de ordens, ou *ordering systems*, ou, ainda melhor, os sistemas de coordenação de ordens de produção e compra (SCO) constituem-se um canal essencial da discussão nesta seção, por serem um referencial básico quando se trata do sistema *kanban*.

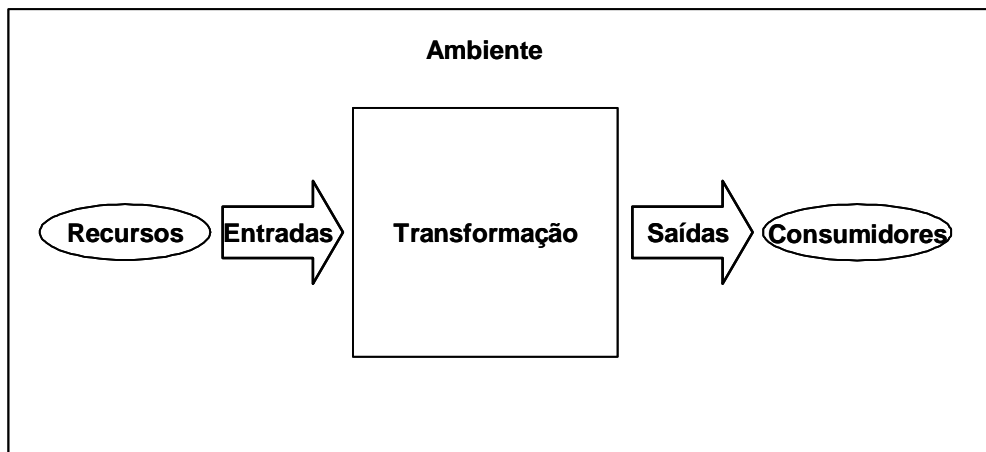
### **2.2 Sistemas de Produção Industrial**

Um conceito intuitivo de sistema de produção é: qualquer coisa que produza algo. No entanto, enfatizam Sipper e Bulfin (1997), a maior parte dos sistemas de produção

são como os *icebergs*, ou seja, a porção visível é apenas uma pequena parte do todo, e, portanto, para estudá-los é preciso considerar muitos de seus componentes como, por exemplo, produto, processo e trabalhadores.

Um parâmetro bastante comum de distinção entre os sistemas de produção é a sua principal saída, em outras palavras, se há a predominância de produção de bens ou de serviços. Martinich (1997) classifica estes dois sistemas em sistemas de manufatura, para o caso de produção de bens, e sistemas de serviços, para o caso da produção de serviços. Para Russomano (2000), em termos de objetivo final, uma empresa industrial propõe-se a colocar produtos à venda, assim como uma empresa comercial, mas com uma fase anterior de obtenção do próprio produto. A ênfase, nesta dissertação, são os sistemas de produção industrial, isto é, de produção de bens.

MacCarthy e Fernandes (2000) definem sistema de produção industrial como sendo um conjunto de elementos humanos, físicos e gerenciais inter-relacionados projetados para que a geração de produtos se dê de tal forma que o valor final destes supere os custos incorridos para obtê-los. Em outras palavras, qualquer operação que produza bens ou serviços, faz isso por meio de um processo de transformação, como na figura 2.1 a seguir (SLACK *et al.*, 2002).



Fonte: Slack *et al.* (2002)

**FIGURA 2.1 – Modelo de entrada - transformação - saída.**

Na figura 2.1 nota-se que os sistemas de produção estão inseridos em um ambiente e, portanto, influenciam ao mesmo tempo em que são influenciados por este. A esse modelo, pode-se acrescentar como uma das saídas a serem consideradas os resíduos ou lixos, que devem ser corretamente gerenciados (TSOULFAS e PAPPIS, 2005). Sipper e Bulfin



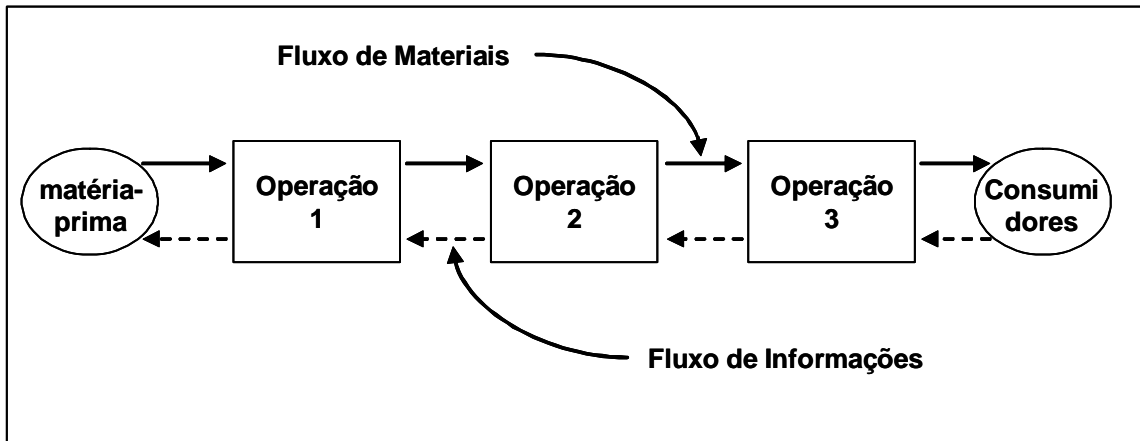
(1997) acrescentam que a “espinha dorsal” de qualquer sistema produtivo industrial é a manufatura, um processo com fluxo de 2 componentes principais: material e informação. Portanto, a principal atividade de um sistema de produção é a transformação e o principal resultado esperado é a agregação de valor ao produto.

Existem diversas formas, perspectivas e parâmetros distintos e igualmente válidos de se classificar os sistemas produtivos, desde os mais amplos ou genéricos até os mais estreitos. Uma classificação extensa e bastante conhecida dos sistemas produtivos é feita com base na atividade econômica à qual se referem, conforme a seguir (PIRES, 2004):

- a) Primária: agropecuária, extrativismo;
- b) Secundária: indústria, transformação;
- c) Terciária: serviços.

Russomano (2000) adota uma classificação mais específica, também dividida em três tipos: contínuo, intermitente e construção de projetos. As características principais de cada tipo são apresentadas e comparadas, com destaque para relação entre os tempos de preparo dos equipamentos e os tempos de operação, a quantidade de produtos iguais, a capacidade ociosa, a arrumação das máquinas, a qualificação dos operários, o fluxo de produção e a quantidade de material em processamento. O mesmo autor também trata de outra classificação muito utilizada que envolve a decisão de produzir: antecipada ou sob encomenda. É possível encontrar na literatura diversas classificações semelhantes (JOHNSON e MONTGOMERY, 1974; BUFFA e MILLER, 1979; BURBIDGE, 1990; dentre outros).

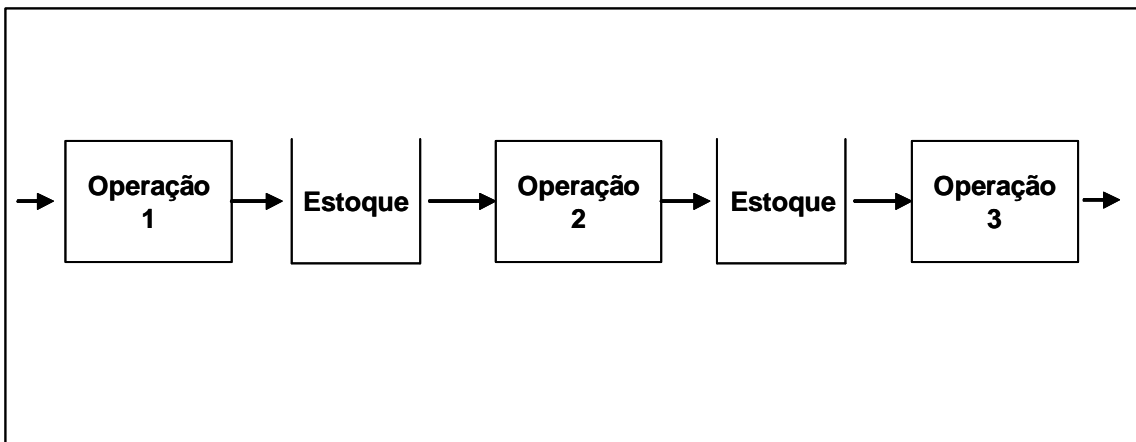
Bonney *et al* (1999) tratam de uma classificação onde “puxar” ou “empurrar” a produção são os parâmetros. Em um sistema empurrado as ordens de produção, delineadas por um gerenciamento central, são liberadas numa data de início que corresponde à data de entrega prometida menos o *lead time* de produção. Uma vez liberadas, essas ordens fluem de operação para operação, ou seja, as informações seguem no mesmo sentido dos materiais. Em um sistema puxado, o controle é feito com base no estoque em processo, onde os materiais processados fluem em um sentido e as informações no sentido oposto. Para Sipper e Bulfin (1997), uma característica que distingue os dois sistemas é a interdependência das operações. A interdependência recíproca é aquela na qual há duas vias de relacionamento entre os centros de trabalho: cada centro afeta e é afetado pelos demais adjacentes por meio do fluxo de materiais e informações, ilustrado na figura 2.2, a seguir. Esta é a base dos sistemas puxados.



Fonte: Sipper e Bulfin (1997)

**FIGURA 2.2 – Fluxo de materiais e informações em um sistema puxado.**

Já no sistema empurrado, ocorre a interdependência sequencial, que é aquela onde cada saída de uma operação é dependente do *input* de uma ou mais operações. Para isolar esta dependência, geralmente se usam estoques reguladores, como ilustrado na figura 2.3, a seguir.



Fonte: Sipper e Bulfin (1997)

**FIGURA 2.3 – Fluxo de materiais e informações em um sistema empurrado.**

Em um sistema puxado, é mantida certa quantidade de estoque entre duas operações consecutivas, cuja reposição é ordenada pelo processo posterior na proporção em que é consumida. Dessa forma, do ponto de vista somente da movimentação física na fábrica, se os materiais forem transportados sob pedido do processo posterior este sistema é considerado puxado. Se os materiais forem transportados para os processos posteriores após serem processados ou concluídos, o sistema é considerado empurrado.

A classificação adotada para esta dissertação é a proposta por MacCarthy e Fernandes (2000). Um conceito importante utilizado no trabalho de MacCarthy e Fernandes (2000) é a repetibilidade, isto é, o tempo médio que decorre entre a fabricação de dois lotes consecutivos de um mesmo item. Um item repetitivo, segundo estes autores, é aquele que consome uma porcentagem significativa, pelo menos 5%, do tempo total disponível da unidade produtiva. Fernandes e Godinho Filho (2006) acrescentam ainda como importantes referenciais para a o entendimento dos sistemas produtivos os conceitos de variedade, diversidade e diferenciação dos produtos. A variedade diz respeito à habilidade do sistema produtivo em responder a mudanças no *mix* de produtos muito diferentes entre si. A diversidade está relacionada com a habilidade de o sistema produtivo responder a mudanças no *mix* de produtos muito similares (diferentes apenas na cor ou no tamanho, por exemplo). Já a diferenciação significa que a empresa fabrica produtos sem similares no mercado.

É com base nestas idéias que os sistemas produtivos são assim qualificados:

a) Sistema contínuo puro: repetibilidade “infinita”, ou seja, tempo médio que decorre entre a fabricação de dois lotes consecutivos de um mesmo item tende a 0. O exemplo dado pelo autor é uma refinaria de petróleo;

b) Sistema semi-contínuo: cada unidade de processamento é um sistema contínuo puro e há combinações de rotas entre os diferentes processos, conhecido como produção em batelada;

c) Produção em massa: a maioria dos itens, pelo menos 90%, são repetitivos.

d) Sistema de produção repetitivo: pelo menos 75% dos itens são repetitivos;

e) Sistema de produção semi-repetitivo: há uma quantidade considerável, pelo menos 25%, tanto de itens repetitivos como de itens não repetitivos;

f) Sistema de produção não repetitivo: a maioria dos itens, pelo menos 75%, são não repetitivos;

g) Grandes projetos: repetibilidade “zero”, ou seja, o tempo médio que decorre entre a fabricação de dois projetos idênticos tende ao “infinito”. Um exemplo deste tipo é a construção de pontes.

Nos casos (a) e (b) os itens são medidos por volume ou peso e, nos demais casos os itens são discretos e, portanto, medidos em unidades.

### 2.3 O Planejamento e Controle da Produção (PCP)

A eficiência de qualquer sistema produtivo depende da forma como os problemas administrativos são resolvidos, quer dizer do planejamento, programação e controle do sistema (TUBINO, 2000). Em outras palavras, para se usufruir de todos os ganhos advindos da divisão do trabalho e especialização, é necessário que haja coordenação entre as atividades produtivas.

Assim como no caso do conceito de sistemas de produção industrial, na literatura existem diversos entendimentos diferentes e complementares com relação ao PCP. Uma referência que oferece uma contribuição importante com relação aos principais autores do planejamento e controle da produção é Azeka (2003).

Contador e Contador (1997) ressaltam o papel do PCP de conexão com os demais setores da empresa, com os fornecedores e clientes, além naturalmente, do objetivo de comandar o processo produtivo e os serviços correlatos entre si. Esses mesmos autores, assim como Corrêa e Gianesi (1997), tratam também de uma característica bastante discutida do PCP: a existência de fases hierarquizadas no processo decisório. Estes últimos, acrescentam ainda que um dos papéis do PCP é garantir adequação entre as decisões operacionais e as decisões ou necessidades estratégicas da organização.

Sipper e Bulfin (1997) apresentam o PCP como uma parte significativa da tecnologia de gerenciamento da produção, desempenhando a função de combinar os fluxos físicos e de informações para gerenciar o sistema de produção, relacionando-se com o ambiente externo e com o chão de fábrica. Esses autores salientam que as funções principais do PCP são estabelecer metas e medir desvios na produção, ou seja, a essência do PCP é gerenciar desvios enquanto mantém os objetivos consistentes com os da organização como um todo.

Stevenson *et al* (2005) afirmam que as funções típicas de um sistema de PCP são planejamento das necessidades de materiais, gerenciamento da demanda, planejamento da capacidade, *scheduling* etc. Os propósitos-chaves destas funções são reduzir estoque em processo, minimizar os tempos de atravessamento (*throughput time*) e *lead times*, diminuir os custos de estoques, melhorar a responsividade a mudanças, melhorar a aderência das datas de entrega, dentre outros.

Muitos autores separam o PCP em Planejamento da Produção (PP) e Controle da Produção (CP), como, por exemplo, Corrêa *et al* (2001) que argumentam que a necessidade de planejamento deriva da inércia intrínseca dos processos decisórios, ou seja, do

tempo que necessariamente tem de decorrer desde que se toma determinada decisão até que ela tome efeito. Burbidge (1990) trata especificamente do CP, caracterizando-o como função gerencial que planeja, direciona e controla o suprimento de materiais e as atividades de processamento em uma empresa. É destacada ainda a relação estreita entre as funções do CP e as funções de compra, sendo que, em algumas indústrias, são tratadas como uma única função de gerenciamento de materiais. Vollmann *et al* (1997) acrescentam que um controle de produção efetivo pode assegurar que a companhia atinja seus objetivos. Para Tubino (2000), o objetivo do CP é fornecer uma ligação entre o planejamento e a execução das atividades operacionais.

Nesta dissertação é adotada a definição de PCP, bem como a separação entre PP e CP, de Fernandes e Godinho Filho (2006).

O PP é entendido como a atividade gerencial responsável por compatibilizar a demanda e a capacidade de produção em um horizonte de médio prazo (em geral entre 3 a 18 meses) e, assim, tomar decisões de intenção de forma agregada em termos de:

- a) O que produzir, comprar e entregar;
- b) Quanto produzir, comprar e entregar;
- c) Quando produzir, comprar e entregar;
- d) Quem e/ou onde e/ou como produzir;

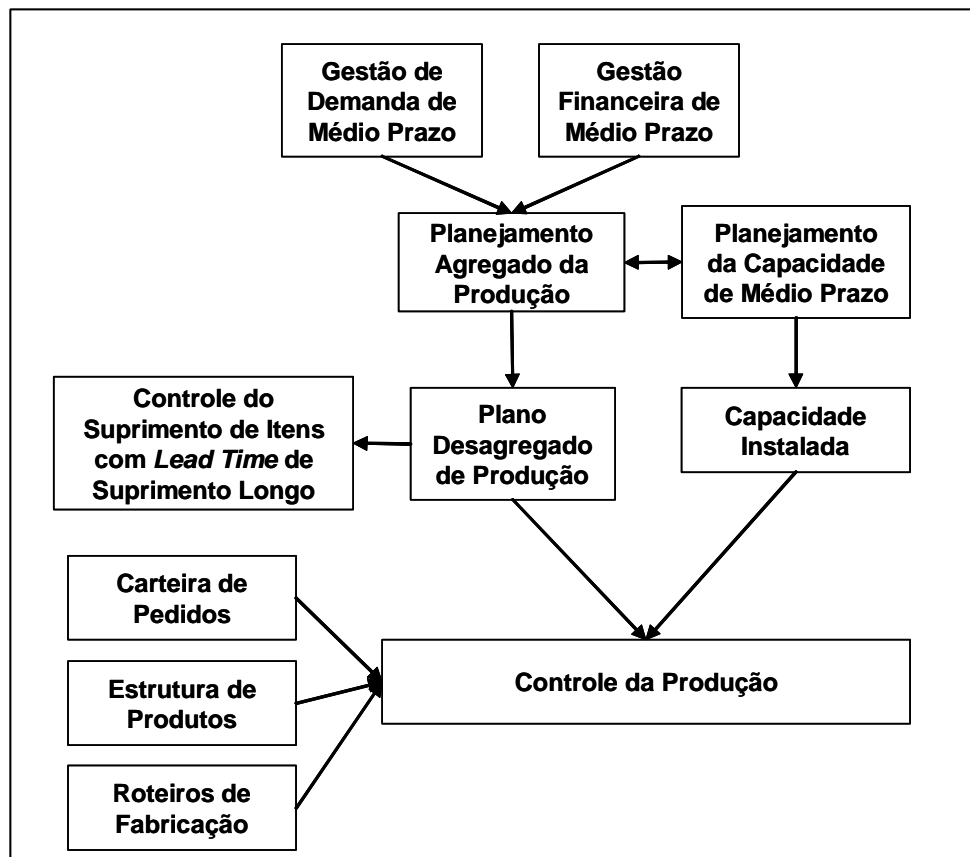
As decisões de intenção são tomadas com bastante antecedência, visando subsidiar decisões relacionadas com a elaboração de contratos de fornecimento, subcontratação temporária, terceirização, política de horas extras, política de banco de horas, contratações e demissões no médio prazo, aquisição de novos equipamentos, desativação de equipamentos, nortear decisões e políticas de controle da produção e de estoques, etc. O início do PP é a gestão da demanda no médio prazo, por meio de previsões. Essas previsões, juntamente com a gestão financeira são, portanto, as principais entradas necessárias para a realização do planejamento agregado da produção, que tem como objetivo criar um plano de produção em termos de famílias de produtos de tal forma que os recursos de produção sejam utilizados eficazmente. O planejamento da capacidade de médio prazo dá subsídios às decisões do planejamento agregado. Por fim, é feito uma desagregação deste plano agregado.

Controle da produção é a atividade gerencial responsável por regular o fluxo de materiais por meio de informações e decisões para execução. Essas decisões são detalhadas, desagregadas e de curto prazo (em geral menor que 3 meses) em termos de:

- a) O que produzir, comprar e entregar;
- b) Quanto produzir, comprar e entregar;

- c) Quando produzir, comprar e entregar;
- d) Quem e/ou onde e/ou como produzir;

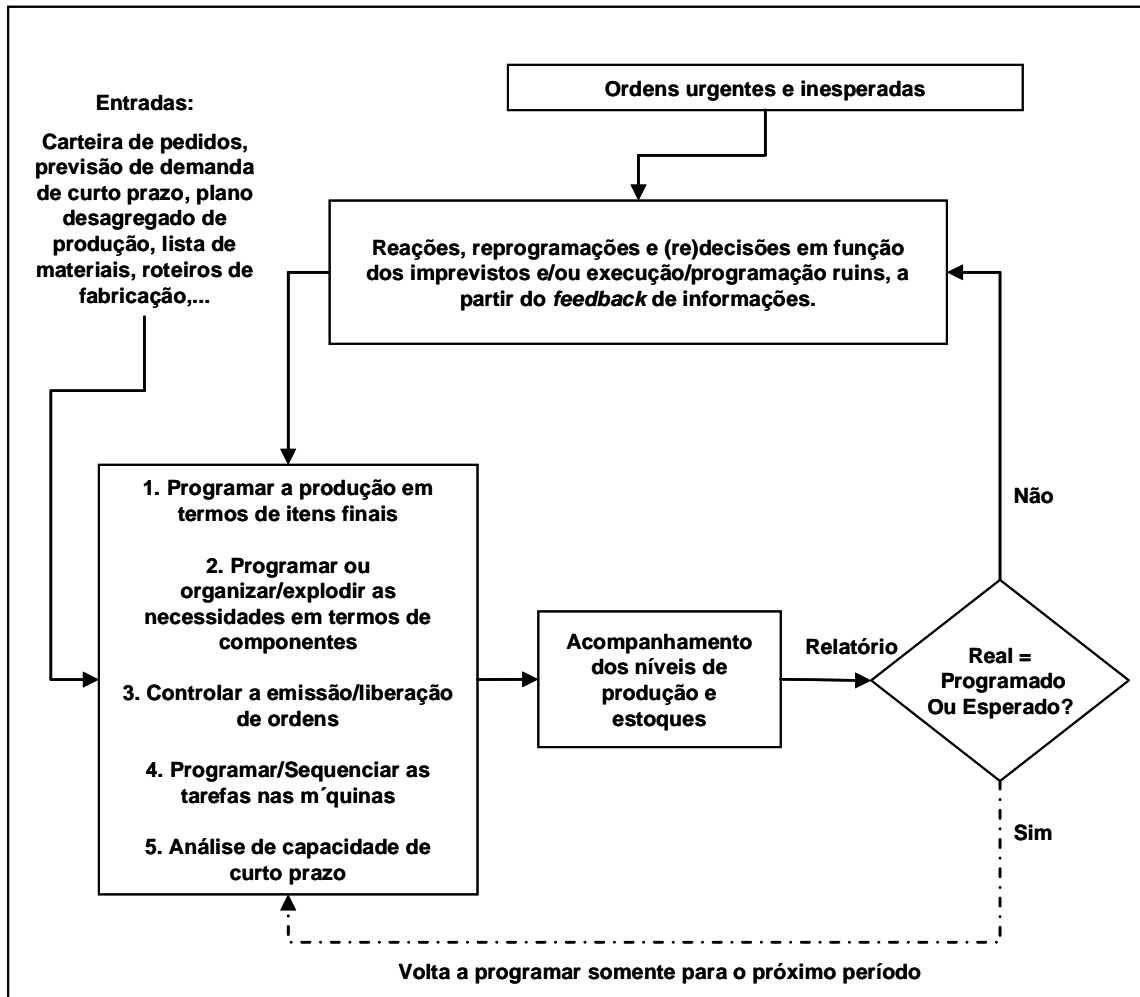
Todas essas decisões seguem uma estrutura hierárquica mostrada na figura 2.4 e na figura 2.5, a seguir.



Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2006)

**FIGURA 2.4 – Estrutura do PCP.**

A figura 2.5, a seguir, mostra o detalhamento da caixa “controle da produção”.



Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2006)

**FIGURA 2.5 – Estrutura do CP.**

Nota-se que o CP constitui-se de um processo decisório realizado em etapas sucessivas, indo do geral para o detalhe, por meio de cinco atividades de controle:

- a) Programar a produção em termos de itens finais: geralmente elaborando-se um programa denominado de Programa Mestre de Produção ou MPS;
- b) Programar ou organizar/explodir as necessidades em termos de componentes e materiais;
- c) Controlar a emissão/liberação das ordens de produção e compra: é decidido se e quando liberar as ordens;
- d) Programar/Sequenciar as tarefas nas máquinas;
- e) Analisar a capacidade de curto prazo.

As atividades (b), (c) e (d) em conjunto são denominadas muitas vezes na literatura de *ordering systems*, porém nesta dissertação é adotada a divisão acima, mesmo

porque muitos dos chamados *ordering systems* apenas realizam uma ou duas dessas três atividades. Estes sistemas são tratados aqui por Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCO). As cinco atividades anteriores determinam um programa de produção, que é acompanhado pelos níveis de estoque e produção onde, havendo desvios, ou seja, se o realizado não for igual ao programado, a programação é refeita. Caso contrário, a nova programação é realizada somente no período seguinte. Existem outras atividades que fazem parte do PCP, tais como balanceamento de linhas de montagem, rearranjo de instalações produtivas, a gestão estratégica do PCP e a integração com outras áreas ou funções de uma empresa.

Sendo o sistema *kanban* o tema principal desta dissertação, do ponto de vista conceitual, o entendimento aprofundado das atividades (b), (c) e (d) do CP, dentro das quais o sistema *kanban* se insere, é indispensável, pois, além de proporcionar maiores possibilidades de análise, permite a consolidação da base conceitual desta pesquisa. Dessa forma, na subseção seguinte é discutido o papel e as características dos principais SCO.

### **2.3.1 Os Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCO)**

Um SCO nada mais é do que uma sistematização da forma como as necessidades dadas em produtos finais, determinadas no MPS, são convertidas em termos de itens e componentes, quais sejam, comprados ou fabricados internamente. Esta conversão é feita por meio da programação e/ou controle e/ou execução das ordens de produção e compra.

Uma vez que esses sistemas de emissão de ordens são bastante tratados na literatura, diferentes denominações para eles são encontradas. Graves *et al* (1995) fazem uma revisão da literatura concernente a este tema. Os mecanismos de controle de fluxo de materiais, assim os definem, dedicam-se aos problemas do momento de liberação de material dentro da manufatura e da autorização de produzir aos centros produtivos. Neste estudo, esses mecanismos são divididos em três tipos:

a) Mecanismos baseados em capacidade infinita. Assumem que a manufatura pode entregar os produtos dentro de um dado *lead time*, consideram explicitamente a demanda, mas não a carga de trabalho. Estão dentro desta categoria o *Materials Requirements Planning* (MRP), o sistema de estoque base e o *Line Requirements Planning* (LRP).



b) Mecanismos baseados na produção. Reconhecem, implicitamente, o limite da capacidade produtiva, e explicitamente a carga de trabalho, porém não consideram a demanda e o *lead time* de produção. Compõem esta classe o ConWIP, o *kanban*, o BORA (sistema criado na Alemanha), dentre outros.

c) Mecanismos combinados. Trata-se da utilização em conjunto de dois ou mais dos mecanismos anteriores. Dentre eles o mais comum é o agrupamento do MRP com o *kanban*.

A função principal desses mecanismos é manter baixos os estoques em processo, e ao mesmo tempo, manter um alto nível de serviço ao consumidor.

Fernandes e Godinho Filho (2006) propõem uma classificação dos SCO em quatro classes principais:

a) Sistemas de pedido controlado. Quando é impossível manter estoques de produtos finais. Subdividido em:

- Sistema de programação por contrato. Produtos complexos e/ou projetos especiais têm suas emissões controladas neste sistema. Um exemplo deste tipo é a fabricação de grandes máquinas;

- Sistema de alocação de carga por encomenda. Aplicado em produções sob encomenda, como, por exemplo, em fundições. A principal função aqui é re-emitir dentro da produção os pedidos dos clientes na forma de ordens, sejam elas de fabricação, de requisição de compras ou ferramentas;

b) Sistemas controlados pelo nível de estoque (CNE). São sistemas onde o controle é baseado no nível dos estoques. Nesta classe, encontram-se os sistemas que puxam a produção. Subdividido em:

- Sistemas de revisão contínua. A emissão de ordens é feita quando o nível de estoque cai abaixo de um determinado nível, ou número de unidades. A ordem determina a produção de certa quantidade de reabastecimento;

- Sistema de revisão periódica. Neste sistema os períodos entre as ordens são regulares e fixos. Enquanto que na revisão contínua o número de unidades produzidas é sempre o mesmo, neste método as quantidades são calculadas tentando chegar a um nível máximo de estoque;

- Sistema ConWIP CNE. Neste caso, a lógica é manter constante o estoque em processo utilizando *containers* na linha de produção. Os próprios *containers* determinam os níveis desses estoques. No último estágio da produção, o conteúdo vai para o estoque e o

*container* retorna para o início do processo, onde recebe um cartão que determina o que será feito;

- Sistema *kanban* CNE. A este sistema, por se tratar do tema central desta pesquisa, são reservados três capítulos exclusivos, os capítulos 3, 4 e 5, para serem discutidas suas características com mais detalhes.

c) Sistema de fluxo programado. A decisão, nesse caso, é baseada na conversão das necessidades do MPS em itens componentes. O fluxo de materiais segue o mesmo sentido do fluxo de informações, ou seja, são sistemas que empurram a produção. Comporta os seguintes tipos:

- Estoque base. As informações referentes ao que, quanto e quando produzir vêm do PCP. Os lotes produzidos, que são calculados de acordo com as quantidades consumidas no período anterior, os estoques atuais e a intenção de estoque futuro, são empurrados em direção ao próximo estágio produtivo;

- *Period Batch Control* (PBC). O intervalo entre as ordens neste sistema é fixo e o tamanho do lote é variável. O esquema básico de funcionamento consiste na “explosão” do MPS em termos de itens, após isso são atribuídos tempos para a emissão de ordens mais a produção ou entrega de matérias-primas, para o processamento, para a montagem e para as vendas, obtendo-se um programa padrão;

- Sistemas de lotes componentes. A quantidade fixa, neste caso, é o tamanho do lote de cada componente, calculado segundo seu lote econômico, e o intervalo entre as ordens desses componentes é variável, tudo a partir do MPS. Existem várias críticas ao uso do lote econômico, dentre elas algumas podem ser constatadas em Burbidge (1983).

- Sistemas de lote-padrão. As listas de ordens são emitidas sempre para uma mesma quantidade de produtos finais e com defasagens no tempo. A quantidade fixa é o número de sub-montagens e o intervalo entre as ordens para esses sub-conjuntos é variável;

- *Material Requirements Planning* (MRP). Este sistema, bastante discutido na literatura, permite que com base no MPS sejam determinados o que, quanto e quando produzir e comprar os itens a serem fabricados. É levado em consideração para este cálculo o nível de estoque, tempo de reposição, lotes de fabricação, consumo previsto, dentre outros;

- *Optimized Production Technology* (OPT). Trata-se de um sistema informatizado. É um produto Israelense. É feito uso de técnicas de pesquisa operacional para o controle da produção, onde são levados em conta os recursos gargalos da produção, ou seja, os recursos com menor capacidade. As limitações são o alto custo e dificuldade de entendimento do *software*.

d) Sistemas híbridos. Estes sistemas possuem características das duas classes anteriores. Esta classe é composta por:

- Controle MaxMin. Funciona por meio do controle dos limites máximo e mínimo do estoque, geralmente para o fornecimento de itens comprados. É importante, neste caso, que o MPS seja o mais preciso possível, para evitar grandes gastos com estoques de segurança. Os procedimentos são basicamente explodir o MPS, fixar os limites de estoque reserva de forma a prevenir a falta ou excesso de estoque, emitir as ordens na forma de programas de necessidades e manter registros dos estoques e usá-los para controle;

- Sistema ConWIP H. A diferença entre este sistema e o sistema ConWIP da subclasse b, é que neste caso os cartões, ou ordens de produção são gerados a partir da explosão do MPS vindo do departamento de PCP da empresa. Sipper e Bulfin (1997) chamam estas ordens ou cartões de lista de pedidos em carteira – *backlog list*. Desta forma, este sistema possui as características dos sistemas de estoque controlado (estoque em processo é igual ao número de *containers*) e de fluxo programado (ordens do PCP a partir do MPS);

- Sistema *kanban* H. A este sistema, por se tratar do tema central desta pesquisa, são reservados três capítulos exclusivos, os capítulos 3, 4 e 5, para serem discutidas suas características com mais detalhes.

- Sistema *Rope-Drum-Buffer* (RDB). Baseado na teoria das restrições, este sistema basicamente mantém a atenção no recurso considerado como gargalo da produção. A idéia é promover uma sincronização entre as etapas produtivas, ou seja, todos os centros produtivos devem trabalhar no mesmo ritmo (representado pelo tambor, ou *drum*), que é ditado pelo recurso gargalo, evitando assim grandes estoques em alguns centros produtivos e falta de itens em outros. Além disso, em estoque de segurança (representado pelo pulmão, ou *buffer*) é mantido antes do recurso gargalo, para evitar que este perca tempo pela falta de itens a serem processados. A corda, ou *rope* é o *feedback* da informação para o estoque de matérias primas.

- Sistema DEWIP (*Decentralized Work in Process*). Direcionado a ambientes *job shop* com alta variedade de itens e fluxo de materiais complexo. A principal variável de controle neste sistema é o estoque em processo de forma descentralizada. Mais detalhes com relação a este sistema podem ser vistos em Lödding *et al* (2003).

- Sistema LOOR (*Load Oriented Order Release*). Neste sistema, a cada centro de trabalho é estipulada uma carga limite, sendo as tarefas liberadas somente se estas cargas projetadas forem menores que a carga limite, dentro de determinado horizonte de tempo. As ordens de produção, o horizonte de planejamento e a capacidade produtiva são as

principais variáveis deste sistema. Assim como o DEWIP, este sistema é adequado para ambientes de alta variedade de itens e também fluxo de materiais com alta complexidade. Mais detalhes com relação a este sistema podem ser vistos em Bechte (1988).

- Sistema POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*). Tem como base uma estratégia de obtenção de vantagem competitiva por meio da redução dos *leadtimes*. Projetado para sistemas produtivos com estrutura celular, este sistema utiliza, além dos níveis de estoque, informações relativas aos tempos (*leadtimes*) planejados de cada célula do sistema produtivo para determinar quando cada uma delas pode iniciar o processamento das tarefas necessárias. Estas datas de início das operações são autorizadas utilizando-se cartões que refletem a capacidade disponível das células à jusante no sistema produtivo. Outras informação sobre este sistema são encontradas em Suri (1998).

Existem muitas teorias sobre planejamento e controle da produção, e de forma crescente elas vêm sendo desenvolvidas. Segundo MacCarthy e Fernandes (2000), selecionar ou projetar um sistema de PCP apropriado é uma tarefa difícil devido ao caráter integrativo das funções de PCP, onde há interface com todas as áreas funcionais de uma empresa. Dessa forma, estabelecer a aplicabilidade de uma determinada abordagem é complexo, principalmente devido ao número crescente de alternativas. Por fim, as análises apresentadas anteriormente oferecem uma indicação de que não é possível analisar tanto o planejamento quanto o controle da produção e suas estruturas sem levar em conta as relações de dependência com as condições produtivas e ambientais às quais se remetem. Mais do que isso, alguns elementos constituintes do PCP devem ser pensados não só do ponto de vista conceitual, mas também das regras ou condições que podem viabilizar sua efetividade.

### **3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, *JUST IN TIME* E O SISTEMA *KANBAN***

#### **3.1 Introdução**

Este capítulo tem como principal objetivo fechar o quadro teórico necessário para a condução da pesquisa e também fornecer a base para a elaboração de um procedimento para a avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais, foco do próximo capítulo.

Existem na literatura diversas definições diferentes sobre *kanban*. Essas diferenças são resultantes principalmente da variabilidade de pontos de vista ou pontos de partida para a sua análise e interpretação, ou até pelos diferentes objetivos dos pesquisadores em seus estudos. Embora haja essas divergências, em alguns pontos parece haver certa semelhança. Um ponto em comum é a inclusão do sistema *kanban* no JIT. Na verdade, em algumas concepções, o sistema *kanban* é erroneamente confundido com JIT ou STP. Segundo Monden (1981), o sistema *kanban* é meramente uma parte do STP como um todo, e não deve, portanto, ser confundido com STP tão pouco com JIT. Por conseqüência, alguns estudos enfatizam consideravelmente a necessidade de um perfeito entendimento da natureza destes assuntos. Dessa forma, são reservadas duas seções, a seção 3.2 e a seção 3.3, para a discussão destes dois temas específicos (STP e JIT) e suas íntimas relações com o *kanban*, porém de forma resumida para não haver desvio do escopo desta dissertação.

A seção 3.4 trata especificamente do sistema *kanban*, descrevendo detalhadamente todas as características do seu funcionamento, seus componentes principais e, por fim, realizando uma análise crítica a respeito de artigos de revisões do sistema *kanban* existentes na literatura.

#### **3.2 O Sistema Toyota de Produção**

Desde a primeira crise do petróleo, há mais de 30 anos, quando houve grande impacto na capacidade competitiva de muitas companhias industriais, houve a necessidade de

se encontrar uma forma de prosperar em meio a freqüentes condições conturbadas e desfavoráveis de competição. Neste contexto, a *Toyota Motor Company* se destacou por apresentar um desempenho auspicioso frente a muitas dificuldades.

Com a constatação do promissor desempenho da Toyota, muitos estudos se voltaram, a partir de então, a desvendar quais os fatores responsáveis por tais resultados. De imediato, houve muita confusão, onde o JIT e o sistema *kanban* foram identificados como os elementos chaves deste sucesso. Tal fato gerou a fragmentação das definições e a dispersão dos interesses envolvidos na busca do “modelo” de produção da Toyota, o que dificultou seu entendimento.

Não obstante, após este primeiro momento, iniciou-se o surgimento de estudos que não atribuíam os resultados alcançados pela Toyota somente a um conjunto de métodos ou ferramentas de gestão. Estas novas avaliações reconheciam que a Toyota se utilizava da reunião de um conjunto de princípios, métodos e técnicas aplicadas de forma encadeada e mais do que isso, “os resultados proviam mais da sinergia entre os diversos elementos do que do somatório das contribuições isoladas de cada um” como enfatiza Ghinato (1995). Não é incomum encontrar nestes estudos um tratamento histórico do desenvolvimento da empresa Toyota. Na verdade as histórias da Toyota e do seu sistema de produção confundem-se com as histórias das principais personalidades envolvidas na fundação e no gerenciamento da *Toyota Motor Company*. Sakichi Toyoda – criador dos primeiros princípios, anteriores a própria empresa; Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi – fundador da *Toyota Motor Company* e idealizador do JIT; Eiji Toyoda, primo de Kiichiro – presidente e diretor da empresa nas fases iniciais de criação do STP; Taiichi Ohno – vice-presidente da empresa e criador do sistema *kanban*; e Shigeo Shingo – criador de ferramentas e técnicas fundamentais relacionadas à qualidade e às trocas rápidas de ferramentas, são nomes importantes que deixaram legados vitais ao que hoje se conhece como Sistema Toyota de Produção.

Paralelamente ao despontamento de tais personalidades e suas contribuições, o desenvolvimento do STP resultou de visitas de líderes à frente da Toyota a empresas nos Estados Unidos, mais especificamente à Ford e a *General Motors*, a fim de estudar seus sistemas produtivos, que eram a grande referência de produtividade da época. Durante estas viagens de estudos nas empresas norte americanas, mesmo antes da Segunda Guerra Mundial, ficou claro para os japoneses que a produção em massa e seus grandes volumes não se encaixariam às condições do mercado reduzido e com demanda fragmentada em que atuavam. Isto ficou ainda mais evidente após a guerra, quando o Japão ficou dizimado, com fábricas destruídas, abastecimento profundamente prejudicado e consumidores com pouco poder de

compra. Dessa forma, com poucos recursos e capital escasso, a Toyota precisava de uma forma de produzir que girasse rapidamente o dinheiro investido na fabricação de seus automóveis.

Surgiu então, a partir da necessidade de adaptar o sistema de Ford às condições únicas da Toyota e do Japão, o Sistema Toyota de Produção. Neste ponto faz-se preciso o esclarecimento de alguns pontos. Modelo Toyota é diferente de Sistema Toyota de Produção. O Modelo consiste nos princípios fundamentais e estruturais da cultura Toyota, o qual tem suas raízes anteriores a própria *Toyota Motor Company*, e, neste caso, em sua representação estruturada há universalidade e transferibilidade. O STP “é o exemplo mais sistemático e mais altamente desenvolvido daquilo que os princípios do Modelo Toyota podem atingir”, enfatiza Liker (2005). Os dois foram desenvolvidos ao longo de décadas, e, portanto, não têm um único marco de surgimento.

Os princípios do STP nada mais são do que critérios básicos pelos quais cada escolha ou ação dentro da empresa são avaliadas. O foco inicial destes princípios está na fábrica, porém eles são amplos e aplicam-se por toda a organização. Um dos princípios mais conhecidos do STP é a eliminação da *muda* ou *non value adding activities* que representa o esforço para eliminar as atividades que não agregam valor ao produto. Fugimoto (1999) afirma que dentro da idéia da *muda*, a redução dos estoques é bastante enfatizada nos livros sobre o STP. A eliminação de desperdícios também é um princípio bastante disseminado do STP. Dentre os desperdícios mais comuns detectados pela Toyota podem-se citar o desperdício de superprodução, de espera, de transporte, de processamento, de estoque, de movimentação, e de fabricar produtos defeituosos. O excesso de produção é uma das fontes mais importantes de desperdício. Produzir em excesso significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pelo processo seguinte ou pelos consumidores (ROTHER e SHOOK, 1998). Sua importância se dá em função de seus reflexos: excesso de estoque, dinheiro alocado neste estoque, necessidade de espaço para alocação destes estoques, aumento do *lead-time* de produção, além de resultar em faltas, pois os processos ficam ocupados fazendo itens a mais (desnecessários) enquanto os necessários estão sendo consumidos e precisam ser repostos.

Do ponto de vista da fábrica, o STP corresponde a produção por meio de processos puxados e ininterruptos de agregação de valor, partindo-se da demanda do cliente e sob uma cultura de melhorar continuamente. Na verdade, a fabricação é apenas a manifestação operacional da totalidade que representa o STP.

Para Shingo (1985) O Sistema Toyota de Produção consiste:

- a) Na combinação de trabalhadores, máquinas e objetos sem desperdício;
- b) Em utilizar trabalhadores e máquinas apenas para realizar tarefas que agregam valor ao produto;
- c) Reduzir os *lead times* aos menores valores possíveis.

Uma denominação bastante recorrente para o STP é *Lean Manufacturing*, ou Produção Enxuta. Para Louis (1997) o Sistema Toyota de Produção é o mesmo que *Lean Manufacturing*. Liker (2005) possui visão um pouco diferente. Para este autor, apenas fora da Toyota o STP é conhecido por produção enxuta, principalmente em função da popularização do termo “enxuto” por dois dos principais canais de exposição deste sistema: as publicações *The Machine That Changed The World*, de Womack, Jones e Roos, em 1991; e *Lean Thinking*, de Womack e Jones, em 1996. Este mesmo autor enfatiza que nestas obras os autores deixam claro que a fonte de sua pesquisa foi o STP e seu desenvolvimento.

Resumidamente, o STP surgiu e desenvolveu-se de forma a responder aos desafios específicos que a Toyota enfrentou, sendo tratada muitas vezes como uma “filosofia empresarial” complexa e resultante da interação estrutural equilibrada de todos os seus elementos fundamentais, demonstrados na figura 3.1 a seguir.





Esta estrutura está fundada na proposição de Ghinato (1995), que por sua vez faz uma releitura das propostas existentes até então, principalmente da apresentada por Monden (1981). A proposição de Liker (2005), que apresenta uma visão mais abrangente das conexões dos fundamentos e elementos do sistema, também serviu de base para a proposição desta dissertação, além, é claro, das diversas obras consultadas neste trabalho e que tentam de alguma forma resumir no esboço de uma figura o STP.

Na figura 3.1 proposta nesta dissertação, foram destacados quatro elementos: a produção nivelada, a estabilidade, a padronização das operações e o sistema *kanban*. A razão para o realce destes elementos é a importância que representam neste trabalho. No princípio do *heijunka* ou *levelization of product volume and product mix*, o esforço para o nivelamento da produção é o condutor, onde a produção deve ser baseada num plano detalhado de forma que se evitem ao máximo as flutuações tanto de volume quanto de variedade de produtos a serem produzidos. Este nivelamento tem como objetivo maior criar intervalos regulares entre as ordens controladas pelo sistema *kanban*, condição necessária ao seu funcionamento, além de obter um melhor balanceamento das cargas produtivas entre os diferentes processos. Com relação à estabilidade, em parte garantida pelo nivelamento da programação, esta permite um mínimo de estoque dentro da fábrica. Grandes variações na produção, ou seja, picos de produção de determinados produtos paralelamente a depressões de produção de outros criam situações de escassez de certos itens e excesso de outros, a menos que se mantenham grandes níveis de estoques, o que iria contra os ideais do STP. Outro fato que torna a estabilidade indispensável ao STP é a combinação entre a interdependência recíproca das operações produtivas e os níveis reduzidos de estoque. Em outras palavras, problemas em uma operação afetam as demais instantaneamente. Um alto grau de estabilidade é necessário para que o sistema não seja constantemente interrompido. Nestes casos, além da manutenção produtiva total e das atividades de melhoria, a padronização das operações desempenha um papel fundamental. No STP, além das condições já citadas, o sistema *kanban* é baseado na padronização e no *layout* das máquinas (MONDEN, 1984). Isto ocorre, pois a padronização garante um baixo grau de variação nos tempos de processamento, tempos de *setup* e de operação dos trabalhos realizados em cada estágio produtivo. Uma vez que nem sempre é possível manter todas essas condições em funcionamento, por meio de tentativas e erros dentro do esquema de funcionamento do sistema *kanban* da Toyota, foram criados dispositivos especiais para lidar com condições imprevistas. Esses dispositivos, em sua maioria representada por tipos diferentes de sinalizadores de necessidades, são descritos na subseção 3.4.2.3. Por fim, o sistema *kanban*, além de ser o centro desta dissertação, é

diretamente afetado por todos estes elementos e seu correto funcionamento com um mínimo nível de estoque é altamente dependente destes (OHNO, 1982; MONDEN, 1984; AGGARWAL, 1985; GRUNWALD *et al*, 1989; SIPPER e BULFIN, 1997; VOLLMANN *et al*, 1997; FUJIMOTO, 1999; WHITE e PRYBUTOK, 2001; dentre muitos outros).

Por se tratar da ilustração da estrutura somente interna do STP, os clientes e os fornecedores não estão representados na figura, embora sejam muito importantes em todos os aspectos de análise mais aprofundada do STP. Apenas a estratégia de *marketing* é exibida, pois, além de ser sustentada pela estrutura interna, representa, para muitos autores, uma impulsionadora do avanço da Toyota no mercado mundial. Maiores detalhes e uma discussão minuciosa de cada componente desta estrutura são encontrados em Monden (1981), Monden (1984), Ghinato (1995) e Liker (2005).

O componente *Just in time*, que juntamente com a autonomia e a qualidade total formam os três pilares do STP, é uma das características mais visíveis e difundidas do STP. Dentro deste ideal de produzir no tempo exato está o sistema *kanban*, que fornece o suporte necessário para sua concretização. Dessa forma, a seção seguinte faz um tratamento individual do JIT e sua relação com o sistema *kanban*.

### 3.3 O *Just in Time*

Segundo Schonberger (1984), a expressão inglesa *Just in time* foi adotada pela indústria no Japão e talvez não haja correspondente adequado em sua língua neste país. O mesmo autor relata que esta expressão foi utilizada mesmo antes do surgimento do STP, na indústria da construção naval no Japão. Ocorreu que, mediante um crescimento desmedido das siderúrgicas japonesas, os estaleiros notaram que suas encomendas de aço poderiam ser atendidas imediatamente. Com isso, os estaleiros passaram a reduzir seus estoques e a receber suas encomendas apenas a tempo, ou no tempo exato ou ainda *Just in time*. De acordo com Vollmann *et al* (1997) o JIT é considerado fundamental quando se trata do conhecimento já desenvolvido sobre abordagens modernas de planejamento e controle da produção.

Quando aplicado em um processo de produção industrial, JIT significa fazer os itens e/ou obter os materiais somente quando eles são requeridos e nas quantidades necessárias, o menos dispendioso possível. Isto é feito pela minimização dos estoques e pela

sincronização dos estágios produtivos. Em outras palavras, deve-se produzir estritamente a quantidade de produtos que pode ser vendida e quando ela pode ser vendida.

Na visão de Vollmann *et al* (1997), em um sistema de manufatura existem duas fábricas: uma que processa os produtos e outra que processa as transações em papéis e sistemas computacionais (emissão de ordens, confirmações, processamento de dados, correção de erros, atualizações de planos etc.). Sob este ponto de vista, o objetivo do JIT é eliminar a grande maioria do trabalho realizado na segunda categoria, e conseqüentemente seus custos associados. Segundo Buffa (1987), as características do JIT são singulares em termos de procedimentos. A ênfase está no ritmo (como o nome sugere – justo a tempo) e, além disso, é dada grande atenção aos relacionamentos com os fornecedores, que devem ser poucos, próximos e de longo prazo. Liberdade nos contratos, entregas freqüentes, pequenos lotes e quantidades exatas também fazem parte do esquema de compras. No que diz respeito ao chão de fábrica, o JIT foi revolucionário em relação aos sistemas existentes na época de sua criação. Introduziu-se o sistema de puxar a produção (por meio do sistema *kanban*), rompendo com os sistemas tradicionais praticados no ocidente, onde o objetivo geral é maximizar a taxa de produção pelo aumento do trabalho e da utilização de equipamentos (KRAJEWSKI *et al*, 1987).

Em um esforço para combinar as perspectivas encontradas na literatura especializada sobre o JIT (SILVER *et al*, 1998; CORRÊA *et al*, 2001; SLACK *et al*, 2002; dentre outros), tem-se a seguinte convergência de suas características:

- a) Tem como meta estabelecer um fluxo de produção de uma peça;
- b) Utiliza células de manufatura: substituição dos departamentos de processo pelas células de manufatura, com um *mix* de máquinas de processamento colocadas em um *layout* para fabricar uma família de peças ou produtos. O objetivo é diminuir o tempo de fabricação total, por meio da redução dos tempos de movimentação, espera e *setup*;
- c) Requer esforço na redução dos tempos de troca de ferramentas ou *setup*: neste caso a participação da mão de obra é muito importante, pois envolve conhecimentos específicos da produção, dos equipamentos e operações. Diversos benefícios à manufatura estão relacionados à redução do *setup*. Pode-se citar como exemplos a diminuição dos custos totais de *setup*, diminuição dos lotes, diminuição do custo do estoque, aumento da capacidade produtiva (pois reduz o tempo total anual de *setup*), redução do tempo de fila (pela diminuição do tamanho dos lotes), redução do tempo de transporte (pela diminuição do tamanho dos lotes), redução do *lead-time* (pois há a redução de todos os tempos que o

compõe: de processamento, de fila, de espera e de transporte) e redução do estoque em processo;

d) Necessita de qualidade total: na manufatura, a qualidade deve ser assegurada por meio da busca constante de melhorias nos processos, inspeção de seu próprio trabalho pelo empregado, paradas de linha para resolução de problemas e controles visíveis por meio da divulgação para todos de informações tidas como necessárias para um bom desempenho;

e) Necessita de uma estreita relação com os fornecedores: no JIT, é importante uma relação de compromisso entre clientes/fornecedores. Para Corrêa *et al* (2001), as empresas devem reduzir o número de fornecedores, tendo como principais razões para isso a demonstração do estabelecimento de compromisso de longo prazo e limitar esforços no desenvolvimento de fornecedores;

f) Tem como base a produção puxada pelo sistema *kanban*.

Em síntese, o JIT é respaldado por um conjunto de regras e normas a fim de instituir e gerenciar um ambiente produtivo que garanta a sincronização dos processos desde o consumidor final até a matéria-prima. Esta sincronização ou ligação entre os processos é obtida por meio do sistema *kanban*, tema central desta dissertação e principal objeto das próximas seções.

### **3.4 O Sistema *Kanban***

#### **3.4.1 Conceituação**

Segundo Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção foi construído com base numa prática denominada por ele de “repetindo cinco vezes por que”. Esta prática determina que ao se deparar com um problema deve-se perguntar sempre por que cinco vezes para ajudar a descobrir a raiz do problema e poder corrigi-lo eficazmente. Na Toyota, o problema de produzir demasiadamente recebeu como resposta, ao primeiro por que, a seguinte justificativa: “não existir uma maneira de manter baixa ou prevenir a superprodução”. Isso levou à idéia de controle visual que, por sua vez, originou a idéia do sistema *kanban*. O

criador do *kanban*, Taiichi Ohno, ex-vice-presidente da *Toyota Motor Company*, extraiu sua idéia dos supermercados americanos, onde a mercadoria é retirada somente quando o cliente necessita e essa mesma mercadoria é repostada somente quando é consumida. Trata-se de um sistema projetado para assegurar que seja produzida somente a quantidade de itens necessários por meio da alimentação puxada do processo. O sistema *kanban* caracteriza-se fundamentalmente por ser informal, simples e de fácil compreensão; ser de gerenciamento visual; e ser realizado pelos próprios funcionários. O reflexo direto destas características é que para um bom funcionamento são necessários um ambiente participativo, cooperativo e comprometimento entre empresa e funcionários. Uma descrição pormenorizada nas próximas seções permitirá um melhor delineamento do conceito de *kanban*.

A tradução literal da palavra *kanban* é anotação visível, ou sinal. De modo geral, vêm-se empregando no mundo inteiro esta palavra com o significado de cartão, pois o sistema *kanban* é reconhecido por empregar determinados cartões para avisar ou informar a necessidade de entregar e/ou produzir certa quantidade de peças, itens ou matérias-primas. Porém, se a interpretação do sistema *kanban* for restrita apenas a isso, é possível afirmar que a maior parte das indústrias usa um sistema desses, uma vez que os materiais que circulam no chão de fábrica geralmente são acompanhados de algum tipo de cartão ou anotação como, por exemplo, as ordens de serviço, folhas de roteiro, lista de materiais ou estrutura do produto. Nota-se ainda, em muitos trabalhos, a utilização indiscriminada da palavra *kanban* - significando tanto “cartão” como se referindo ao “sistema” propriamente dito - criando, assim, outra fonte de falta de clareza no seu entendimento.

Em face desta multiplicidade de concepções evidenciadas até agora, a partir deste ponto, adota-se nesta dissertação a seguinte distinção de termos: entende-se por “sistema *kanban*” um subsistema do JIT usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes e, em determinados casos, de matérias-primas. Os cartões ou sinais empregados são tratados pelos seus exatos nomes, ou então, na forma generalizada, por “sinalizadores”.

Sistema *kanban* não significa inventário ou estoque zero. Mesmo que alguns autores coloquem-no de tal forma, isso se verifica mais como consequência da meta final de sua utilização, mesmo que inatingível, em que cada processo possa produzir e transportar somente uma peça, ou seja, sem tempos de espera, em uma sincronização perfeita entre os estágios produtivos.

A introdução do sistema *kanban* não significa não ter mais problemas. Ao contrário, com a utilização correta deste sistema os problemas ocultados pelos estoques

reguladores, tais como gargalos, falta de qualidade, quebras de máquinas, dentre outros aparecerão e serão mais facilmente identificadas as suas causas. “O *kanban* não é um substituto para a boa administração”, como salienta Moura (1992), pois o controle garantido pelo seu uso deve vir acompanhado de esforços de toda a fábrica e da gerência para aperfeiçoamentos. Existem basicamente duas formas de utilizar o sistema *kanban*: dentro da empresa, chamado de interno, e fora da empresa, ou seja, entre a empresa e seus fornecedores, chamado de externo. Para esta pesquisa, o foco é unicamente o sistema *kanban* interno.

Até este momento foi abordado apenas superficialmente o que seria o sistema *kanban* e também o que *não* seria este sistema, sendo necessária, portanto, uma definição mais precisa e prática deste conceito. Este esclarecimento é o intuito desta seção e suas respectivas subseções.

Embora a idéia do JIT no STP tenha surgido por volta de 1930, instituída por Kiichiro Toyoda, o sistema *kanban*, o mecanismo expresso que materializou a idéia, iniciou-se por volta de 1950, criado por Taiichi Ohno. Em sua totalidade, o sistema *kanban* é o método operacional que rege e assegura a produção JIT. Somente por volta de 1965 a Toyota iniciou formalmente a difusão deste sistema a seus fornecedores.

Segundo o próprio Ohno (1982), a primeira reforma ou adaptação com relação ao sistema Ford feita na Toyota foi com relação ao fluxo de produção, transporte e entrega de itens e materiais. Neste novo sistema, inicialmente denominado de sistema de supermercados, o abastecimento é feito partindo-se de um processo subsequente para o processo imediatamente precedente, ou seja, ao invés de antecipar a demanda, na Toyota passou-se a puxar a produção. Desde o início, Ohno percebeu que para funcionar este novo fluxo era necessário manter estoques para permitir uniformidade, uma vez que há interrupções normais nos fluxos das transformações realizadas nos produtos através do sistema produtivo. Com isso, foram criados pequenos armazéns de peças entre as operações para funcionarem como controladores: quando determinado item é retirado, este deve ser repostado. Quando um item não for consumido, ele permanece no armazém, e nenhum outro igual a este é produzido. Operando dentro desta regra, nunca haverá superprodução maior do que a pequena quantidade estabelecida nestes armazéns e automaticamente cria-se uma conexão sem desvios entre o que os clientes (internos e externos) querem e o que a empresa está produzindo. Uma vez que a fábrica da Toyota era grande, alguns processos estavam dispersos e os fornecedores situavam-se fora, era preciso criar uma forma de sinalizar o que havia sido consumido nestes armazéns e que, portanto, deveria ser repostado. Para estes sinais, chamados na língua japonesa de *kanban*, foram criadas formas simples como, por exemplo, cartões, placas ou até mesmo as

próprias bandejas ou contenedores que eram utilizados para conter e transportar as peças, que se estivessem vazias significavam produzir ou transportar novos itens. A utilização integrada destes sinais, da produção, transporte e abastecimento disparados por eles na Toyota é conhecida como sistema *kanban*.

Para cumprir a finalidade a qual foi proposto, o sistema *kanban* precisou passar por um processo de aperfeiçoamento até se tornar o que é hoje: o método de operacionalizar todo o sistema de Planejamento e Controle da produção dentro do JIT. Trata-se de um subsistema do JIT usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes (ESPARRAGO JR, 1988). Para Monden (1981), “o sistema *kanban* é um sistema de informação que controla harmoniosamente a produção dos produtos necessários, na quantidade necessária e no momento necessário em cada processo da fábrica e também entre companhias.” Em outras palavras, por meio do sistema *kanban* é que se atinge a meta do JIT.

Conforme ressaltado anteriormente, na utilização do sistema *kanban* pressupõe-se que exista determinada quantidade de peças ou itens nos armazéns entre as estações de trabalho. Ou seja, é assegurada a disponibilidade de peças e itens suficientes para a formação dos produtos num dado período de trabalho. O processo subsequente, visto como um “cliente” deve ir ao processo precedente, o “fornecedor”, para adquirir as peças necessárias já prontas, encaradas, portanto, como “mercadorias”. O processo precedente, por sua vez, produz a exata quantidade retirada, reabastecendo o armazém, entendido como um “supermercado”. As retiradas das peças nos supermercados podem ser feitas de quatro formas diferentes:

a) Quantidade constante e ciclo de retirada variável. As peças são retiradas quando o número de sinalizadores atinge uma quantidade pré-determinada, chamada de ponto de ordem. Dessa forma, o número de contenedores e, conseqüentemente, o número de peças retiradas da estação de trabalho antecedente e transportadas para a estação de trabalho subsequente é sempre igual, variando apenas o tempo do ciclo de retiradas, que depende da variabilidade dos tempos de processamento e da demanda dos produtos acabados;

b) Quantidade variável e ciclo de retirada constante. O período entre as operações de retirada de materiais é fixa (horas, turnos ou diária) e a quantidade de peças transportadas dependerá do uso durante esse intervalo constante;

c) Quantidade constante e ciclo de retirada também constante. É a forma mais simples, onde ambos os valores devem ser pré-determinados;



d) Quantidade variável e ciclo de retirada também variável. Este caso ocorre, muitas vezes, quando há dependência de veículos transportadores, como, por exemplo, empilhadeiras, para realizar as retiradas e o transporte das peças. A variação do período será em função da disponibilidade de tais transportadores e a quantidade necessária dependerá do consumo durante o período entre os reabastecimentos.

Segundo Berkley (1992), sistemas com ciclo constante são freqüentemente utilizados para controlar estoques entre os fornecedores e as plantas clientes, onde caminhões realizam jornadas de entrega sob uma escala fixa.

Dentre as diversas formas possíveis de sinalizador, a mais conhecida e utilizada é um cartão. Comumente ele é colocado dentro de plásticos para evitar a sujeira e sua degradação. A seguir é apresentada uma descrição sucinta das principais características destes cartões.

No sistema tradicional da Toyota existem essencialmente dois tipos de cartões sendo usados simultaneamente:

a) Cartão de requisição, movimentação ou retirada: autoriza o movimento de peças das estações de alimentação às estações de uso, funcionando como uma espécie de passaporte, informando o que deve ser repostado. Usado para um número determinado de peças e circula apenas entre dois centros de processamento;

b) Cartão de ordem de produção: autoriza a produção de peças para repor as requisitadas para uso em estações subsequentes. Usado apenas no centro de processamento que produz a peça, ou seja, o cartão de ordem de produção é um mecanismo de controle dentro do processo e o cartão de requisição é um mecanismo de controle entre os processos.

Um cartão de requisição típico contém basicamente cinco informações: a descrição da peça (número, nome etc.), o tamanho do contenedor (quantas peças estão no contenedor), o número de liberação do *kanban* (total de contenedores em uso), o centro anterior de trabalho (nome, local de armazenagem etc.) e o processo seguinte ou estação subsequente. Já o cartão de ordem de produção típico possui basicamente seis informações: a descrição da peça, o tamanho do contenedor, a descrição do centro de trabalho, o local de estocagem, as necessidades de materiais (itens ou número de componentes necessários para fazer a peça) e de onde os componentes necessários devem vir. Muitas outras informações podem estar presentes nestes cartões, como se observa na prática, como, por exemplo, código de barras e cores de identificação. Os cartões de ordem de produção geralmente são afixados em um painel ou quadro de cartões, descrito na seção 3.4.3.1. As figuras 3.2 e 3.3, a seguir ilustram os dois tipos de cartões.

<u>Estante de Armazenagem Nº</u> <b>5E 255</b>	<u>Processo Precedente</u>
<u>Item Nº</u> <b>35670-S08</b>	<b>Soldagem</b>
<u>Nome do Item</u> <b>Barra da Direção</b>	
<u>Capacidade do Contenedor</u> <b>20</b>	<u>Processo Subseqüente</u>
<u>Tipo de Contenedor</u> <b>A</b>	<b>Pintura</b>

Fonte: Adaptado de Monden (1981)

**FIGURA 3.2 – Ilustração de um cartão de requisição típico da Toyota.**

<u>Estante de Armazenagem Nº</u> <b>FW 322</b>	<u>Processo</u>
<u>Item Nº</u> <b>346770-W08</b>	<b>Usinagem</b>
<u>Nome do Item</u> <b>Pino Lateral</b>	<b>U6-D</b>
<u>Tipo de Contenedor</u> <b>G-1</b>	

Fonte: Adaptado de Monden (1981)

**FIGURA 3.3 – Ilustração de um cartão de ordem de produção típico da Toyota.**

Feitas as primeiras considerações conceituais com relação ao sistema *kanban* e dando prosseguimento ao motivo desta seção, são apresentadas nas próximas subseções as características de funcionamento e as propriedades dos tipos de sistemas *kanban* que realmente a Toyota criou e utiliza; a estes sistemas genuínos da Toyota, denominamos sistemas *kanban* originais. Estes sistemas, tratados nas seções 3.4.2.1 e 3.4.2.2, são: o sistema *kanban* de duplo cartão controlado pelo nível de estoque e o sistema *kanban* de duplo cartão com o último estágio programado (denominados por Fernandes e Godinho Filho (2006) de sistema *kanban* CNE e sistema *kanban* H, respectivamente). As demais variações (adaptações) do sistema *kanban*, amplamente divulgadas na literatura, são tratadas no capítulo 5. A partir deste ponto, portanto, e para as demais análises realizadas nos capítulos 5 e 6, sobre as adaptações do sistema *kanban* na literatura e na prática, respectivamente, esses

sistemas servirão de referência, em outras palavras, toda vez que for mencionado “sistema *kanban* original”, se estará fazendo alusão a eles.

Em resumo, as principais características de funcionamento do sistema *kanban* original, que servirão de referência para as análises realizadas nos próximos capítulos, são (MONDEN, 1981; OHNO, 1982; MONDEN, 1984; MOURA, 1992; BERKLEY, 1992; SIPPER e BULFIN, 1997; VOLLMAN *et al*, 1997; LIKER, 2005):

- a) Puxar a produção;
- b) Controlar a produção de forma descentralizada;
- c) Limitar o nível máximo de estoque (ou seja, número limitado de sinalizadores ou contenedores); e
- d) Usar dois sinalizadores diferentes: um como ordem de produção e outro como autorização de transferência de materiais.

Em um sistema puxado, é mantida certa quantidade de estoque entre duas operações consecutivas, cuja reposição é ordenada pelo processo posterior na proporção em que é consumida. Dessa forma, do ponto de vista somente da movimentação física na fábrica, se os materiais forem transportados sob pedido do processo posterior este sistema é considerado puxado. Se os materiais forem transportados para os processos posteriores após serem processados ou concluídos, o sistema é considerado empurrado. O sistema *kanban* funciona segundo o esquema de puxar a produção.

O controle da produção de forma descentralizada é caracterizado por atribuir autocontrole do que está sendo fabricado aos encarregados pela produção, ou seja, pelos próprios funcionários. Isso é consequência da utilização do processo puxado e do uso de cartões que representam as ordens de produção e a requisição de materiais. Uma vez que essas ordens de produção e requisições de materiais não precisam passar por uma pessoa ou por um departamento de controle centralizado, a produção é monitorada de forma descentralizada e visual.

Um procedimento fundamental para utilização do sistema *kanban* é a determinação do número de cartões, tanto de ordem de produção quanto de requisição, para cada peça dentro do processo produtivo. Este número deve permanecer fixo e, conseqüentemente, a quantidade máxima de estoque para cada uma dessas peças também permanece fixa. Em função desta característica de limitação dos estoques máximos, Berkley (1992) designa o sistema *kanban* de mecanismo de bloqueio, onde a produção em cada estágio pode ser bloqueada como resultado de os estoques em processo possuírem capacidade

finita. Dessa forma, quando o estoque de saída está cheio, o processo deve permanecer ocioso (bloqueado) até que seja consumida alguma porção deste estoque.

No sistema tradicional da Toyota existem essencialmente dois tipos de cartões sendo usados simultaneamente: cartão de requisição (autoriza o movimento de peças das estações de alimentação às estações de uso) e cartão de ordem de produção (autoriza a produção de peças para repor as requisitadas para uso em estações subseqüentes). O cartão de ordem de produção é um mecanismo de controle dentro de cada estação de trabalho e o cartão de requisição é um mecanismo de controle entre as estações de trabalho. Um cartão de requisição típico contém basicamente as informações relativas à descrição da peça, o tamanho do contenedor, o centro anterior de trabalho e estação subseqüente. Já o cartão de ordem de produção típico possui basicamente informações relativas à descrição da peça, o tamanho do contenedor, a descrição do centro de trabalho, o local de estocagem, as necessidades de materiais e de onde os componentes necessários devem vir.

### **3.4.2 Funcionamento**

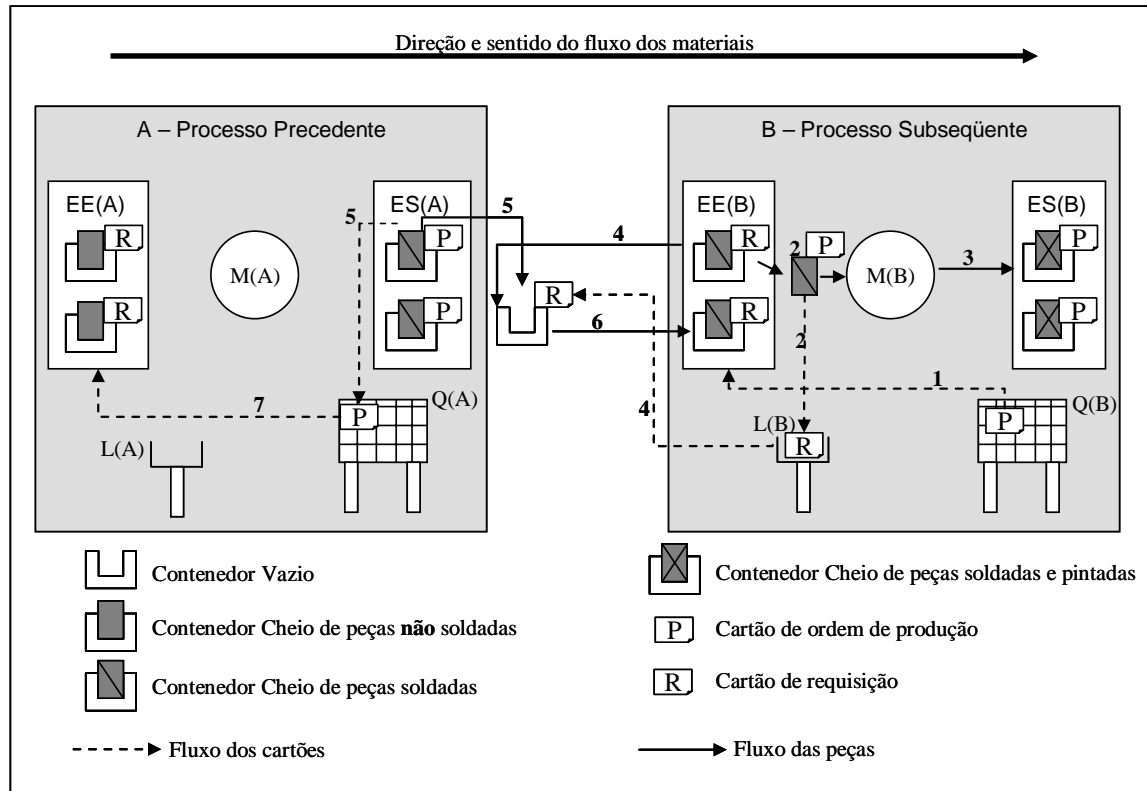
#### **3.4.2.1 O Sistema *Kanban* CNE**

O chamado sistema *kanban* CNE baseia suas decisões unicamente nos níveis de estoque, puxando a produção a partir de seu consumo.

Neste sistema são utilizados simultaneamente os dois tipos de cartão descritos anteriormente, ou seja, o cartão de ordem de produção e o cartão de requisição. Geralmente emprega-se este tipo de sistema quando as estações de trabalho situam-se afastadas ou o transporte das peças requer especificidades, como, por exemplo, o auxílio de transportadores. Isto ocorre, em ambos os casos, em função da necessidade de manter estoques próximos das estações de trabalho subseqüentes, pois assim que necessitam das peças as têm disponíveis. Caso contrário, paradas ou atrasos podem ocorrer, uma vez que as peças ou localizam-se longe, no primeiro caso, ou devem aguardar a disponibilidade de transportadores para serem colocadas em condições de uso, no segundo. A principal consequência disto é a duplicação

dos pontos de estoque com os mesmos tipos de itens: um na saída do processo precedente, o supermercado, e outro na entrada do processo subsequente, o estoque de entrada.

Para a demonstração do funcionamento do sistema *kanban* CNE de duplo cartão, considere a figura 3.4 a seguir.



**FIGURA 3.4 – Todos os passos do funcionamento do sistema *kanban* CNE de duplo cartão.**

Os principais elementos constituintes do esquema de funcionamento deste sistema representados na figura são:

- A: Estação de trabalho precedente, aqui representada por um processo de soldagem, que fornece peças soldadas para a estação de trabalho de pintura;
- B: Estação de trabalho subsequente, aqui representada por um processo de pintura;
- Q(A): Painel ou quadro de cartões de ordem de produção da estação A;
- L(A): Posto de cartões de requisição da estação A;
- Q(B): Painel ou quadro de cartões de ordem de produção da estação B;
- L(B): Posto de cartões de requisição da estação B;

- EE(A): Estoque de entrada da estação de trabalho A, onde ficam armazenadas as peças que alimentam a estação A, ainda não soldadas, provenientes de outra estação de trabalho anterior;

- ES(A): Estoque de saída da estação de trabalho A, ou supermercado de A, onde ficam armazenadas as peças já soldadas pelo processamento desta estação, e que alimenta o estoque de entrada da estação B;

- EE(B): Estoque de entrada da estação de trabalho B, onde ficam armazenadas as peças que alimentam a estação B, já soldadas provenientes da estação de trabalho precedente A, porém ainda não pintadas;

- ES(B): Estoque de saída da estação de trabalho B, ou supermercado de B, onde ficam armazenadas as peças já pintadas pelo processamento desta estação, e que alimentam os estoques de entrada de outras estações;

- M(A): Máquina ou processamento da estação de trabalho A;

- M(B): Máquina ou processamento da estação de trabalho B;

Os passos a seguir e as figuras correspondentes descrevem o funcionamento deste esquema.

- Passo (0): Tudo tem início na expedição, ou no estoque de saída do último estágio produtivo onde ficam armazenados os produtos acabados juntamente com os seus respectivos cartões. Quando um cliente externo requisita certa quantidade de produtos, os cartões de ordem de produção correspondentes aos produtos entregues “disparam” para trás, processo a processo em toda a cadeia produtiva interna da fábrica, o reabastecimento destes produtos no armazém de produtos acabados. A partir daí, ocorrem ciclos de produção, transporte e abastecimento de peças, onde cada cartão de requisição circula entre duas estações de trabalho consecutivas e cada cartão de ordem de produção circula dentro de uma única estação. Para cada item processado têm-se dois pontos de onde se acumulam os cartões: o quadro de cartões de ordem de produção (Q), para os cartões de produção (P) e o posto de cartões de requisição (L), para os cartões de requisição (R). A seguir são mostradas as atividades realizadas passo a passo, focalizando-se apenas o relacionamento entre as duas estações de trabalho consecutivas representadas na figura 3.4, pois o que ocorre no restante do sistema produtivo é a repetição dos mesmos ciclos. As linhas tracejadas representam os fluxos dos cartões e as linhas completas representam os fluxos das peças e/ou contenedores.

- Passo (1): Um operador da estação da pintura (B) precisa produzir (pintar) determinados itens, pois peças pintadas foram consumidas e um cartão de ordem de produção foi afixado em seu quadro, funcionando como uma ordem de produção e como um sistema

informativo sobre o que produzir, quanto e quais materiais utilizar. Com o cartão de ordem de produção em mãos, o operador vai até o estoque de entrada EE(B) da sua estação de trabalho para retirar as peças que necessita pintar (peças especificadas no cartão de ordem de produção). Juntamente com estas peças está o cartão de requisição correspondente a elas.

- Passo (2): No momento em que o operador retira do contenedor as peças do EE(B), ele recolhe o cartão de requisição e leva ao posto de cartões de requisição L(B) da pintura (esse procedimento funciona como um registro do que foi retirado do seu estoque de entrada e que depois deve ser repostado). O cartão de ordem de produção acompanha as peças dentro da estação de trabalho. Depois o operador retorna para a máquina para realizar o processamento das peças.

- Passo (3): Quando o operador termina sua tarefa, ele leva as peças pintadas juntamente com o cartão de ordem de produção para o estoque de saída ES(B) da sua estação de trabalho, acomodando-as dentro do contenedor que anteriormente estava vazio. Com isso, as peças consumidas de seu estoque foram repostas, porém, o seu estoque de entrada está incompleto e precisa ser abastecido, o que ocorre no passo 4.

- Passo (4): No momento de realizar o reabastecimento do seu estoque de entrada (repor as peças que foram usadas), o operador da pintura vai ao posto de cartões de requisição L(B) e retira o cartão de requisição que estiver em primeiro na fila (neste caso há apenas um cartão). Com o cartão de requisição em mãos, o operador vai ao estoque de saída da soldagem ES(A), levando consigo o contenedor vazio que estava em seu estoque de entrada.

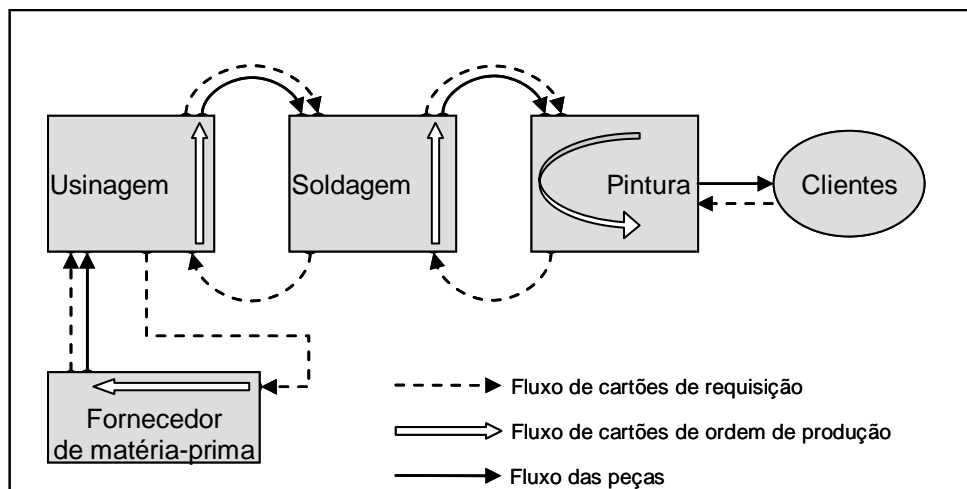
- Passo (5): Ao chegar ao estoque de saída da soldagem ES(A) o operador retira as peças especificadas no cartão de requisição (R). Neste momento, ele retira também o cartão de ordem de produção que estava afixado no contenedor (com as peças recolhidas) e coloca o cartão no quadro de cartões de ordem de produção Q(A) da soldagem (esse procedimento informa o que foi retirado do estoque de saída e que deverá ser repostado).

- Passo (6): Em posse das peças, o operador leva-as ao estoque de entrada da sua estação de trabalho EE(B) com o cartão de requisição afixado no contenedor; a partir deste momento, o operador é dito “desocupado” para ir novamente ao seu quadro de cartões de ordem de produção verificar o que deve ser produzido em seguida.

- Passo (7): Após isso, o ciclo se repete quando o operador da estação de trabalho anterior, a soldagem, fica desocupado e vai ao quadro de cartões de ordem de produção da sua estação Q(A) retirar o cartão referente ao item que deve ser produzido para reabastecer seu estoque de saída ES(A). As atividades são semelhantes às anteriores (passos 1 a 6), porém, agora entre a soldagem e a estação de trabalho precedente a ela.

De modo totalmente similar ocorre o fluxo de cartões e materiais entre quaisquer outros dois centros de trabalho consecutivos. Esse fluxo, que possui um conteúdo de difícil assimilação por ser constituído de diversas movimentações, é o ponto chave para o entendimento do funcionamento do sistema *kanban* CNE de duplo cartão.

O esquema de utilização dos quadros de cartões de ordem de produção é discutido na subsecção 3.4.3.1. A figura 3.5 a seguir demonstra o fluxo total interno realizado por meio do sistema *kanban* CNE de duplo cartão.



**FIGURA 3.5 – Fluxo total interno realizado por meio do sistema *kanban* CNE de duplo cartão.**

Dentro do processo de pintura, na figura 3.5, os cartões de ordem de produção indicam o consumo de produtos finais. O desencadeamento de todo o processo produtivo é disparado somente pelos cartões no sistema *kanban* CNE de duplo cartão.

### 3.4.2.2 O Sistema *Kanban* H

O sistema *kanban* H possui características híbridas, ou seja, embora a produção seja puxada, no último estágio produtivo há programação da produção. A programação comumente é desenvolvida por um departamento de PCP.

O sistema *kanban* H de duplo cartão é idêntico ao sistema *kanban* CNE de duplo cartão com exceção do fato de possuir o último estágio produtivo programado, ao invés



de reagir ao nível de estoque de produtos finais. Reforça-se neste ponto a importância deste sistema como referência, pois se trata da criação original da Toyota.

### 3.4.2.3 Outros Tipos de Sinalizadores

Como descrito na seção 3.2, para manter as condições necessárias ao correto funcionamento do sistema *kanban*, a Toyota desenvolveu tipos especiais de sinalizadores ou dispositivos emergenciais para contornar situações imprevistas no chão de fábrica. Estes sinalizadores geralmente possuem funções diferentes das normalmente utilizadas no dia-a-dia da fábrica. Além destes dispositivos, foram criadas também formas mais simples de sinalização em locais passíveis de aplicação. Estas invenções são tratadas na literatura para servir de exemplo para empresas que estão implantando o sistema *kanban*, além de demonstrar como a Toyota lida com algumas dificuldades. A seguir são enumerados os principais outros tipos de sinalizadores que continuamente são descritos na literatura. Para manter a consistência com o que é tratado na literatura, a palavra *kanban* aparece com o significado de sinal nas descrições abaixo, não mais como representação do sistema como um todo como abordado até este momento.

a) Cartões extras: estes cartões são emitidos quando há necessidade de um aumento temporário na produção, seja pelo aumento da demanda, seja pela necessidade de manutenção de determinada máquina ou qualquer outro motivo;

b) *Kanban* de disparo: geralmente em forma de cartão, pula processos na seqüência de fabricação, disparando a produção em estágios que não sejam imediatamente precedentes;

c) *Kanban* especial: este tipo é utilizado para produção sob encomenda, e é emitido somente nestes casos, e retirado assim que necessário;

d) *Kanban* de ordem de serviço: este sinalizador é emitido somente para ordens de serviços não comuns ao dia-a-dia da fábrica;

e) *Kanban* de emergência ou expresso: utilizado em emergências que geralmente são faltas de peças. Este tipo de sinalizador é emitido somente em situações extraordinárias e é recolhido após seu uso;

f) *Kanban* etiqueta: este sinalizador, no formato de etiqueta, é utilizado para especificar as peças, quantidades e outras informações para instruir os operários;

g) *Kanban* de aviso: utilizado para indicar o nível de estoque de segurança de uma determinada peça num contenedor, ou seja, para avisar que a ordem de produção deve ser colocada em movimento quando o estoque da peça atingir este ponto;

h) *Kanban* gatilho: utilizado em processos de produção em lotes de forma que os cartões se acumulem até certa quantidade, que representa o ponto de gatilho, e autorize então a produção;

i) *Kanban* de sinalização: usado quando o tempo de preparação é muito alto e impede que seja produzido um contenedor por vez. Ao invés disto, há a necessidade de se ter uma quantidade ideal de contenedores para a fabricação;

j) *Kanban* contenedor: o próprio contenedor é utilizado como sinalizador, e o seu retorno para a estação de trabalho determina a seqüência e o programa de reposição;

k) *Kanban* carreta: utilizado geralmente para peças de grande porte, onde o próprio transportador funciona como um sinalizador;

l) Sistema de trabalho completo: empregado em sistemas automáticos. Quando uma máquina subsequente é completada com a quantidade necessária de peças a serem processadas, um interruptor paralisa a operação da máquina antecedente;

m) Quadrado *kanban*: este método visual é utilizado por meio de regiões de estoque delimitadas no chão por linhas desenhadas ou obstáculos físicos que determinam a quantidade máxima de estoque e também por meio de linhas ou cores nestes espaços;

n) *Kanban* eletrônico: método que utiliza computadores e impressoras como dispositivo de comunicação entre processos, muito utilizado entre montagem e fornecedores;

o) *Kanban* comum: se a distância entre dois processos for muito pequena, e eles forem supervisionados por um mesmo operário, é utilizado o mesmo cartão, tanto para a ordem de produção como para a movimentação ou requisição. Esta forma simplificada de utilização do sistema *kanban* representa, na verdade, as adaptações do sistema que utilizam um único cartão de ordem de produção.

p) *Kanban* lâmpada: neste caso lâmpadas colocadas em associação aos nomes ou números das peças em um painel são acesas pelos operadores para sinalizar a necessidade de entrega;

q) *Kanban* integrado: usado quando mais de dois processos são muito integrados entre si não havendo a necessidade de se criar cartões de ordem de produção para

cada um. Nesses casos é necessário que as peças sejam simples ou que haja um profundo conhecimento dos operários com relação às peças processadas;

r) *Kanban* combinado: quando há necessidade de transportadores para a entrega de peças entre os processos, o uso combinado entre o transportador e os cartões serve para tornar ainda mais efetivo o funcionamento do sistema *kanban*. Neste caso, o transportador reforça o papel dos cartões, tanto no que diz respeito à quantidade a ser transportada (o próprio limite de peças do transportador) como para o momento a ser transportado (a própria chegada do transportador no processo precedente).

Chaussé *et al* (2000) descrevem, sob uma perspectiva acentuadamente positiva, a experiência prática e os benefícios resultantes de uma empresa que se dedicou a aprimorar o modelo e o conteúdo de seus cartões, inclusive com a utilização de esquemas de cores e códigos de barra. Dentre os melhoramentos, pode-se citar maior precisão no controle dos estoques, redução de erros de envio de materiais em cinquenta por cento e redução dos custos relacionados ao gerenciamento de mudanças de engenharia. Além deste exemplo, muitos outros apontam que os sinalizadores são importantes elementos a serem considerados na utilização do sistema *kanban*. Os demais componentes constituintes do sistema *kanban* são tratados nas próximas seções.

### **3.4.3 Os Componentes do Sistema *Kanban***

As principais medidas iniciais necessárias para se organizar o sistema *kanban* e colocá-lo em funcionamento são: dimensionar os lotes; dimensionar os recipientes que acomodarão os itens produzidos; dimensionar os estoques; definir as informações contidas nos cartões; e preparar o painel de cartões de ordem de produção e o posto de cartões de requisição. Nas próximas subseções são descritos e analisados estes componentes que de uma forma ou de outra fazem parte integrante de qualquer sistema *kanban* na prática.

### 3.4.3.1 O Painel de Cartões de Ordem de Produção e o Posto de Cartões de Requisição

A figura 3.6 a seguir ilustra um painel de cartões de ordem de produção típico do STP.

Peça A	Peça B	Peça C	Peça D	Peça E	
1	2	1	2	3	Vermelho
2	3	1	2	2	Amarelo
2	2	1	1	X	Verde

**FIGURA 3.6 – Painel de cartões de ordem de produção.**

Como o sinalizador utilizado no sistema *kanban* pode assumir as mais diversas formas, o uso do quadro na configuração descrita nesta seção pode ser inadequado. Dessa forma, é importante ressaltar que o que deve ser levado em conta é a lógica do seu uso e não o formato em si. O quadro na verdade é um instrumento que serve para priorizar a produção dos itens consumidos de uma estação de trabalho ou de uma célula de produção, e assim sendo, pode acompanhar o formato do sinalizador (anel, bandeira, placa etc.) desde que mantenha sua função.

O quadro é dividido em faixas e colunas. As faixas, geralmente pintadas com as cores verde, amarelo e vermelho como indicado na figura, simbolizam a priorização relativa das peças consumidas (representadas pela presença dos cartões). Em outras palavras, quanto mais cartões na faixa vermelha, mais crítica é a necessidade da peça em questão. Caso não haja cartões na faixa vermelha, então a comparação passa para a faixa amarela, e a peça que possuir mais cartões nesta faixa, portanto, é a que deve ser produzida primeiro. Em último caso somente a faixa verde possui cartões afixados, então a peça que possuir maior número de cartões nesta faixa é priorizada. Se não houver cartões no quadro, nada deve ser produzido, e

esta folga deve ser aproveitada para manutenções preventivas, por exemplo. Isso tudo se deve ao fato de que o cartão de ordem de produção ou está afixado no painel (na coluna da peça correspondente), ou está junto do contenedor cheio de peças prontas, ou seja, quanto mais cartões no quadro, menos peças há no estoque de saída. Para funcionar desta forma, o preenchimento do quadro com os cartões retirados dos contenedores deve seguir a seguinte regra: cada cartão deve ser sempre afixado na primeira posição vazia da correspondente coluna, começando de baixo para cima. As colunas correspondem às peças que a estação de trabalho produz.

Na figura 3.6, os números na posição superior esquerda de cada intersecção entre uma coluna e uma faixa do painel estipulam a quantidade de cartões que deve ser colocada nesta posição. O cálculo do número total de cartões é tratado na seção 3.4.3.2, porém não existe uma regra para determinar a distribuição dos cartões já calculados nas faixas (LAGE JUNIOR e FERNANDES, 2005). Essa distribuição deve resultar da experiência dos chefes de seções ou então dos próprios operários, e o refinamento é resultado de tentativas e erros. A marca “X” no quadro, por sua vez, sinaliza que nenhum cartão deve ser colocado nesta posição. Essas diferenças de quantidade de cartões em cada faixa para cada peça se dão em função das diferentes características de produção e consumo de cada uma, o que reflete na quantidade de cartões, e, portanto, de estoque necessário. Isto ficará mais evidente na seção a seguir onde é tratado o dimensionamento do número de cartões.

Na literatura que descreve o funcionamento do sistema *kanban*, o posto de cartões de requisição é geralmente representado apenas por figuras ilustrativas. O fato é que como os cartões de requisição servem apenas para autorizar a movimentação de peças que supostamente já existem das estações de alimentação às estações de uso, não há necessidade de se estabelecer um formato a este posto que priorize o transporte de uma ou de outra peça. As normas necessárias que são estabelecidas para o uso correto deste posto são as regras de retiradas das peças nos supermercados, tratadas na seção 3.4.1. Se os cartões se acumularem no posto, é preciso também controlar a colocação daqueles no final ou no início da fila.

### 3.4.3.2 Dimensionamento do Número de Sinalizadores

Um procedimento fundamental para o desenvolvimento de um sistema *kanban* é a determinação do número de cartões ou sinalizadores, tanto de ordem de produção quanto de requisição, para cada peça ou subconjunto dentro do processo produtivo. Como visto anteriormente, a quantidade máxima de estoque para cada um destes itens é equivalente ao número de sinalizadores, visto que função original dos sinalizadores é representar a falta deles. Em função desta característica de limitação dos estoques máximos, Berkley (1992) designa o sistema *kanban* de mecanismo de bloqueio, onde a produção em cada estágio pode ser bloqueada como resultado de os estoques em processo possuírem capacidade finita. Dessa forma, quando o estoque de saída está cheio, o processo deve permanecer ocioso (bloqueado) até que seja consumida alguma porção deste estoque.

Esta determinação do número de cartões tem sido foco de bastante interesse entre pesquisadores como, por exemplo, Kim (1985), Davis e Stubitiz (1987), Philipoom *et al* (1987), Gupta e Gupta (1989), Berkley (1993), dentre muitos outros. Na Toyota, este cálculo é feito por meio da seguinte equação (Monden, 1981):

$$y = \frac{\overline{DL} + w}{a}$$

Onde,

$y$  = número de cartões (sinalizadores);

$\overline{D}$  = demanda no período;

$L$  = *lead time* = tempo de processamento + tempo de espera nas filas e entre processos + tempo de transporte;

$a$  = capacidade do contenedor (número de peças), geralmente menor que a décima parte de  $\overline{D}$ ;

$w$  = fator de variação ou de segurança (não deve exceder mais que 10% de  $\overline{D}$ .

L).

Uma consequência direta da equação acima, e reforçando o que foi discutido anteriormente, é que o nível de estoque máximo é calculado por:

$$M = ay = \overline{DL} + w$$

Onde,

$M$  = nível máximo de estoque.

Dessa forma, as variáveis envolvidas na determinação do número total de sinalizadores são a demanda média no período, o *lead time* de fabricação da peça, o estoque de segurança e a capacidade do contenedor, ou seja, esse número está relacionado com a velocidade de consumo e com o tempo necessário para reposição dos lotes. Sipper e Bulfin (1997) acrescentam a seguinte fórmula:

$$L = T_p + T_e$$

Onde,

$T_p$  = tempo de processamento por contenedor (na mesma unidade que D, por exemplo, peças por dia);

$T_e$  = tempo de espera (tempo para o cartão de requisição completar o circuito entre as estações de trabalho, incluindo tempo de transporte);

Assim:

$$n_p = \frac{DTp(1 + \alpha)}{A};$$

$$n_r = \frac{DTe(1 + \alpha)}{A}, \text{ e}$$

$$y = n_p + n_r$$

Onde,

$n_p$  = número de sinalizadores de ordem de produção;

$n_r$  = número de sinalizadores de requisição;

Moura (1992) salienta que para reduzir os estoques, os esforços devem ser concentrados nos tempos de espera ( $T_e$ ), pois estes são em torno de 40 vezes superiores aos tempos de processamento. Louis (1997) demonstra por meio de exemplos os cálculos para determinar a quantidade de cartões necessária para células de manufatura não flexíveis (impossibilitadas de mudar a taxa de produção unicamente pelo aumento ou pela diminuição de operadores) e para células de manufatura flexíveis, além dos cálculos de cartões de requisição internos e cartões para fornecedores. Para este autor, uma recomendação importante é basear a variável do *lead time* ( $L$ ) no maior valor esperado para a demanda, pois, caso contrário, se a demanda na qual o valor de  $L$  foi baseado sofrer um aumento, os estoques se esgotarão rapidamente.

Uma atenciosa avaliação desta especificidade do sistema *kanban* de calcular o número de sinalizadores e mantê-lo fixo ou então diminuí-lo e a influência disto em diversos aspectos como a necessidade de atender a variações da demanda, variabilidade nos tempos de

processamento, incertezas no abastecimento de matérias-primas, dentre outros leva a algumas conclusões. Por um lado, esta característica apresenta-se como uma eficaz maneira de reduzir estoques, melhorar a produtividade e até aumentar a flexibilidade de curto prazo. Por outro lado, apresenta-se também como uma limitação inerente do sistema para com condições instáveis do ambiente produtivo, principalmente no longo prazo, restringindo até mesmo a inclusão de novos produtos (aumento de *mix*). Outro problema reside na dificuldade de estimar os tempos de processamento e de *lead time* que, diferente da Toyota onde estes valores são diretrizes, para a maioria das empresas variam bastante e inclusive estão relacionados ao próprio número de sinalizadores – quanto maior o número de cartões maior é o tempo de espera.

### 3.4.3.3 Os Estoques e os Contenedores

O contenedor ou *container*, ou ainda, o recipiente utilizado para acomodar e transportar as peças dentro das estações de trabalho e entre elas é um componente essencial a ser considerado no desenvolvimento do sistema *kanban* em vários aspectos. Primeiramente, a capacidade dos contenedores, ou seja, a quantidade de peças que são dispostas dentro destes recipientes determina o tamanho do lote mínimo de produção e conseqüentemente determina também o número de sinalizadores e o *lead time* de produção (tempos de espera), como visto na seção anterior. Na Toyota, como salientam Vollmann *et al* (1997), esta capacidade é mantida sempre baixa, em torno de apenas dez por cento da demanda diária para cada item. Isso evita a produção de lotes grandes, favorecendo o nivelamento da produção e facilitando o transporte das peças, podendo ser manual. Por outro lado, o tamanho reduzido dos contenedores acarreta a necessidade de realizar *setups* com maior freqüência, uma vez que menores quantidades de peças serão produzidas com maior repetição. Um segundo aspecto a ser considerado é que esses recipientes podem servir como sinalizadores. Neste caso, muita atenção e disciplina são necessárias para o correto funcionamento do esquema de busca e entrega de peças entre os processos produtivos. Na literatura é comum encontrar uma enumeração de regras necessárias ao uso do sistema *kanban* de forma a concretizar a produção no tempo exato. Dentre estas regras, várias estão relacionadas ao uso dos



contenedores como, por exemplo, a necessidade de padronização deles e da quantidade de peças em cada um (que deve ser exata para o efetivo controle dos inventários).

Geralmente, os inventários em processo existem para proteger a manufatura de descontinuidades no processo que podem ser causadas por diversas razões como os problemas de qualidade e os problemas de preparação de máquina (tempos de *setup* altos). Existe uma preocupação muito grande das organizações em reduzir esses estoques, pois, apesar deles garantirem esta independência entre os estágios produtivos, eles representam altos investimentos de capitais da empresa. Segundo muitas referências que tratam do STP o estoque em si é um investimento improdutivo, ou seja, ele não gera valor adicionado ao produto, não melhora sua qualidade e não ajuda a reduzir seus custos. Os estoques são formados com a intenção de solucionar problemas, porém, aqueles apenas ocultam estes, de forma que ninguém os perceba e continue produzindo.

No uso do sistema *kanban* o nível de inventário em processo pode ser controlado pelo número de sinalizadores e pela capacidade dos contenedores, ou seja, reduzindo-se estes números, o inventário de material em processo também reduz. Com esta redução os problemas tornam-se visíveis no momento de sua ocorrência, possibilitando que estes sejam resolvidos de fato, resultando numa maior produtividade, qualidade e confiabilidade dos equipamentos. Porém, para isto ser possível, algumas atividades devem ocorrer em conjunto, como reduzir os tempos de preparação, aperfeiçoar o controle do processo, realizar manutenção preventiva e treinar funcionários multifuncionais.

Assim como a determinação e otimização do número de sinalizadores, os estudos para calcular os tamanhos dos contenedores também são de bastante interesse entre pesquisadores, mesmo porque estes dois assuntos estão intimamente relacionados. A influência das alterações no número de cartões e/ou na capacidade dos contenedores nos níveis médios de inventários é o principal foco dessas pesquisas como, por exemplo, em Gupta e Gupta (1989). Estudos simulados para determinação da melhor relação entre estas variáveis também são bastante comuns, como, por exemplo, em Philipoom *et al* (1990).

Todas essas características – utilização de recipientes padronizados, capacidade reduzida a poucas peças, necessidade de redução dos tempos de troca de ferramentas e necessidade de disciplina – assim como no caso do uso parametrizado dos sinalizadores, resultam em conseqüências ora positivas, ora negativas. Na perspectiva positiva têm-se redução de custos associados à manutenção e movimentação de estoques, rápida movimentação de materiais, detecção eficaz de defeitos e suas origens e a suavização do processo produtivo. Já na perspectiva negativa, relacionando essas mesmas características

com condições mutáveis do ambiente produtivo e competitivo, ou seja, com os vários aspectos relacionados à variabilidade dos processos produtivos e ao atendimento de demandas instáveis têm-se uma circunstância desfavorável. Isso ocorre devido à incapacidade deste esquema de adaptar-se a amplas ou inesperadas variações na demanda (MONDEN, 1981). Esta mesma incapacidade está diretamente relacionada a uma grande variedade de itens e altos tempos de *setup*. (LAGE JUNIOR e GODINHO FILHO, 2005).

#### **3.4.4 O Sistema *Kanban* na Literatura**

Antes de iniciar o estudo das adaptações do sistema *kanban* na literatura, a fim de contextualizar e posicionar o assunto esta seção tem por objetivo realizar uma síntese e desenvolver uma análise crítica a respeito de artigos de revisões do sistema *kanban* existentes na literatura, tendo-se em vista que, de acordo com Rey (1972), as revisões, denominadas pelos autores de língua inglesa de *Reviews*, representam um dos primeiros escalões no esforço de integração dos conhecimentos alcançados pelos diferentes autores, e, por isso, oferecem uma visão panorâmica e seleta dos resultados significativos acumulados e ajudam a formular novos projetos de trabalho. O quadro 3.1 a seguir mostra resumidamente quais são os artigos de revisão que compõem esta análise e suas principais características.

**QUADRO 3.1 - Artigos analisados nesta seção.**

Título do Artigo	Autor (es)	Número de Artigos Revisados	Ano de Publicação	Período Revisado pelo(s) Autor(es)
<i>A Review of “Kanban” – The Japanese “Just in time” Production system</i>	Reda, Hussein M.	16	1987	1980-1985
<i>Modelling Kanban-Based Demand-Pull Systems: A Survey and Critique</i>	Uzsoy, R.; Martin-Vega, L.A.	31	1990	1977-1989
<i>A Review of the Kanban Production Control Research Literature</i>	Berkley, B. J.	50	1992	1956-1992
<i>Modeling Just in time Production Systems: A Critical Review</i>	Corbett, C.; Yücesan, E.	84	1993	1967-1992
<i>A Review of Optimization Models of Kanban-Based Production Systems</i>	Price, W <i>et al</i>	35	1994	1981-1993
<i>Literature Review of Material Flow Control Mechanisms</i>	Graves, R. <i>et al</i>	83	1995	1955-1994
<i>Overview of Kanban systems</i>	Huang, C. C.; Kusiak, A.	98	1996	1977-1995
<i>Overview of Design and Operational Issues of Kanban Systems</i>	Akturk, M.S.; Erhun, F.	35	1999	1981-1997

A seguir são apresentadas as sínteses de cada um dos artigos do quadro 3.1.

Reda (1987) faz um estudo teórico do sistema *kanban* onde é apresentado sua descrição, funcionamento e características, além de alguns componentes do STP e do JIT, como a automação, nivelamento da produção e controle da qualidade. Em uma das seções do artigo é feita uma comparação entre o MRP e o sistema *kanban*.

Uzsoy e Martin-Vega (1990) apresentam um texto analítico que revisa estudos de modelagem a respeito do sistema *kanban*. O objetivo deste artigo é apresentar os três tipos principais de modelagens do sistema *kanban* – simulação, modelagem determinística e modelagem estocástica – compará-las, mostrar os resultados encontrados e suas limitações. Dentre suas conclusões, a mais importante é que os tipos de sistemas modelados até a data do artigo (1990) eram bastante limitados.

Berkley (1992) traz um texto analítico e teórico que faz uma revisão geral do assunto. Segundo o autor, o grande número de estudos deste sistema existente na literatura contribui não somente para seu debate, mas também para a confusão, que é característica da pesquisa neste assunto. Em suas palavras, “poucas descrições do controle da produção por

*kanban* são semelhantes.” O assunto ao qual é dada muita atenção nesta revisão é a determinação do número ótimo de cartões *kanban*, por meio de uma descrição detalhada dos estudos revistos e suas conclusões. Por fim, são feitas comparações entre o sistema *kanban* e outros métodos de controle da produção.

Corbett e Yücesan (1993) têm como objetivo neste trabalho focar exclusivamente os artigos que tratam de modelos usados para analisar o problema relacionado com a implantação e operação de sistemas puxados, especialmente puxados por sistemas *kanban*. Os autores apresentam, descrevem e comentam os estudos realizados pelos diversos autores, sem tecer muitas críticas aos mesmos. Ao final do artigo, são apresentadas as principais falhas encontradas nos estudos de simulação: modelagens feitas indistintamente; falta de discussão sobre a validação e verificação dos modelos; desprezo das condições experimentais; e falta de análise dos *outputs* da simulação.

Price *et al* (1994) fazem uma revisão de artigos que tratam de modelos de otimização de parâmetros (número de cartões, tamanho dos lotes, etc.) relacionados ao sistema *kanban*. Após uma breve descrição inicial do JIT e do funcionamento do sistema *kanban*, são analisados, pormenorizadamente, alguns modelos de otimização propostos pelos autores em seus estudos.

Graves *et al* (1995) descrevem, analisam e comparam os principais tipos de mecanismos de controle de fluxo de materiais propostos na literatura, dentre eles o sistema *kanban*. Segundo os autores, muitos estudos relacionados aos mecanismos de controle de fluxo de materiais expõem apenas parcialmente suas características, resultando em publicações similares, e às vezes, idênticas, sobre o mesmo assunto. As vantagens e desvantagens dos mecanismos, suas definições e utilidades são registradas, e ao final, são apontadas novas direções para pesquisas.

Huang e Kusiak (1996) apresentam uma visão geral do sistema *kanban* e da pesquisa existente sobre o assunto até a data de publicação do artigo. O texto é analítico, e seu principal objetivo é dar uma visão ampla do que é o sistema, seus diferentes tipos, metodologias, funcionamento, princípios e, por fim, abordar alguns sistemas alternativos. Numa das seções deste artigo é feita separadamente a análise de estudos que tratam da modelagem (simulação, matemática e estocástica) do sistema *kanban*.

Akturk e Erhun (1999) revisam e classificam as técnicas que determinam os parâmetros de projeto do sistema *kanban* propostas na literatura. Como introdução, é apresentada a idéia geral do JIT e do sistema *kanban*. Após isso, os artigos são analisados e por fim é desenvolvido e proposto pelos autores um método para avaliar o impacto das

questões operacionais como, por exemplo, regras de seqüenciamento nos parâmetros de projeto do sistema *kanban*.

A seguir é apresentada a análise crítica a respeito dos 8 artigos estudados, de forma a expor os pontos em comum, discordâncias, abordagens, limitações e as conclusões mais importantes.

Uma questão tratada repetidamente nos vários estudos sobre o sistema *kanban* é sua comparação com outros sistemas como CONWIP, OPT e, principalmente, MRP. Muitos artigos dedicam-se exclusivamente a esta questão, além da exaustiva tentativa de desenvolver uma forma de (ou tentar) definir qual é o sistema mais adequado para determinada situação produtiva. Esse fato da recorrente comparação entre o sistema *kanban* e o MRP, em especial, merece algumas considerações. Segundo Mayer (1984), o conceito do sistema *kanban* assemelha-se muito ao conceito do MRP, ou seja, o que há por trás tanto de um sistema como de outro, é o esforço para determinar a programação das compras e da produção que irá minimizar os estoques. Afora isso, para Graves *et al* (1995), geralmente um mecanismo de controle de fluxo de materiais, como o sistema *kanban* ou o MRP, tenta manter o estoque em processo baixo ao mesmo tempo em que tenta manter um alto nível de serviço ao consumidor. Dessa forma, parecem bastante apropriadas as comparações entre os dois sistemas, pois, embora sejam semelhantes no propósito e haja grande interesse no atendimento dos seus objetivos, há uma diferença fundamental: um sistema é “puxado” (*kanban*) e o outro é “empurrado” (MRP).

Outro fator que explica a insistência dos pesquisadores em realizar estas comparações é a dificuldade de se compatibilizar o *trade-off* entre os custos de se manter estoques e as paradas de linha, que é um dos principais argumentos a favor do sistema *kanban*, mas que, segundo alguns autores como Wilson (1985), na verdade, essas paradas incorrem em custos muito maiores em relação aos custos de manutenção de estoques.

Com relação às críticas ao sistema *kanban*, além da citada anteriormente, na literatura é comum encontrar as seguintes: exige um enorme esforço para gerenciar o suprimento; não é uma panacéia, e sim adequado para determinados ambientes produtivos (onde haja pouca variedade de itens, demanda relativamente estável e baixos tempos de *setup*) e há dificuldade de se introduzir novos produtos. Quanto aos benefícios associados ao uso do sistema *kanban*, é certo encontrar: redução de estoques; estímulo a esforços para redução dos tempos de *setup*; melhorias na qualidade, eliminação de desperdícios e simplicidade de uso.

Com uma devida reflexão a respeito do direcionamento dos estudos realizados sobre o sistema *kanban* na literatura e uma análise do que é buscado pelos que implantam este

sistema, é possível afirmar que há certo desencontro entre o que está sendo investigado e o que realmente interessa à prática. Enquanto a maioria dos pesquisadores tenta de alguma forma otimizar parâmetros deste sistema, como número de cartões ou tamanho dos lotes, há poucos autores que focam seus estudos em formas de se obter as aspirações daqueles que implantam o sistema: reduzir custos, diminuir estoques e aumentar a flexibilidade da produção. Isto fica bastante evidente, por um lado, pela grande quantidade de artigos devotados a encontrar os parâmetros otimizados por meio de simulação ou modelagem, pela recorrente menção disto nas revisões, ou ainda, pela maior quantidade de revisões exclusivas sobre este assunto (UZSOY e MARTIN-VEJA, 1990; CORBETT e YÜCESAN, 1993; PRICE *et al*, 1994; AKTURK e ERHUM, 1999). Por outro lado, constata-se uma insistente manifestação de artigos criticando o uso indiscriminado do sistema. Segundo White e Prybutok (2001), embora muitos gerentes tenham feito uma série de esforços e tentativas de implantação do JIT, muitos dos conceitos associados a essa prática continuam sendo pouco entendidos. Um destes conceitos é o próprio sistema *kanban*, o qual é aplicado muitas vezes de forma incorreta ou em condições impróprias para sua utilização. Ou seja, enquanto os pesquisadores já estão buscando uma forma melhorada e avançada de se utilizar o sistema *kanban*, os verdadeiros usuários ainda estão pouco “familiarizados” com as suas reais vantagens e desvantagens e da adequação ou não de seu propósito dentro das necessidades e condições da empresa.

Há na literatura autores que intercedem a favor do uso da modelagem de sistemas puxados pelo sistema *kanban* como, por exemplo, Corbett e Yücesan (1993) que indicam que existe uma complexidade inerente nestes sistemas, o que faz a simulação uma ferramenta essencial para estudá-los. Há também aqueles que questionam a utilização destes modelos como, por exemplo, Price *et al* (1994) que destacam que muitos dos modelos, além de não serem apropriados para nenhum ambiente industrial, possuem uma complexidade tal que as soluções para problemas mais amplos não é praticável. Em resumo, muitos pesquisadores estão preocupados somente com os próprios modelos, enquanto permanece carente uma efetiva sistematização da literatura sobre o sistema *kanban*.

Após o exame dos estudos revisados pelos artigos que fazem parte da presente análise crítica, é possível estabelecer um encadeamento dos assuntos abordados ao decorrer do tempo. De acordo com Golhar e Stamm (1991), o primeiro artigo sobre JIT apareceu em 1977, em Sugimori *et al* (1977), e após isso vários estudos se sucederam. Inicialmente, os artigos tratavam da apresentação e descrição do JIT e do sistema *kanban*, como, por exemplo, Monden (1981), Schonberger (1982) e Haynsworth (1984). Posteriormente a estas

publicações iniciais, sobrevieram, de forma concomitante, basicamente três vertentes de estudo:

a) Resultados de experimentações do sistema *kanban* como, por exemplo, Trevino (1986), Finch and Cox (1986) e Gravel and Price (1988);

b) Contestações ao uso do sistema *kanban* e estudos comparativos com outros sistemas como, por exemplo, Krajewski *et al* (1987), Belt (1987) e Spearman *et al* (1990);

c) Estudos de melhorias do sistema como, por exemplo, Gupta e Gupta (1989), Philipoom *et al* (1990) e Jothishankar e Wang (1992).

Estas quatro classes de estudo sobre o sistema *kanban* não são as únicas, porém são as que se manifestam nas revisões aqui tratadas. Uma quinta classe, e para esta dissertação a mais importante, diz respeito ao desenvolvimento de sistemas *kanban* adaptados, ou seja, modificados para lidar com condições desfavoráveis ao seu uso e também com as novas transformações do ambiente industrial competitivo.

Neste ponto fazem-se necessárias algumas considerações. Embora haja uma disposição cronológica dos assuntos relacionados ao sistema *kanban*, como evidenciado acima, é perfeitamente possível encontrar estudos que não se enquadram nesta classificação. Alguns autores já contestavam o uso deste sistema, mesmo na fase inicial de divulgação e continuam contestando; outros já empreendiam experimentos, também nesta fase inicial. Já os artigos conceituais, não são difíceis de encontrá-los em todas as fases. Com relação aos estudos experimentais, estes também são comuns nas três. Todavia, trata-se de minorias, e demonstram ainda mais a falta de sistematização da literatura sobre JIT e o sistema *kanban*, mencionada anteriormente.

A presente seção portou-se a examinar excepcionalmente os trabalhos de revisão publicados destes assuntos, não unicamente com a intenção de reproduzir as experiências anteriores, mas procedendo como uma pesquisa preliminar para as próximas análises mais aprofundadas sobre as adaptações do sistema *kanban* na literatura. Constatou-se a necessidade de uma nova revisão bibliográfica sumária da literatura com relação ao sistema *kanban*, sendo a mais recente encontrada de 1999.

## 4 PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN* EM EMPRESAS INDUSTRIAIS

### 4.1 Introdução

Este capítulo tem como principal objetivo propor um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema. Este procedimento será usado para avaliar a utilização do sistema *kanban* na prática, em algumas empresas industriais do Estado de São Paulo, no capítulo 6 desta dissertação, com o intuito de:

- a) Identificar quais são as condições produtivas desfavoráveis à utilização do sistema *kanban* existentes na empresa;
- b) Mostrar quais características de funcionamento original do sistema *kanban* podem ser utilizadas frente às condições produtivas da empresa;
- c) Avaliar se a empresa está utilizando o sistema *kanban* com toda a sua potencialidade de vantagens;
- d) Mostrar quais vantagens se perdem quando uma característica de funcionamento original do sistema *kanban* não é utilizada; e
- e) Sugerir ações a serem tomadas pelas empresas com relação à utilização do respectivo SCO.

Por meio da utilização do procedimento, especialmente com relação aos itens (c) e (d) anteriores, será respondida a quarta questão de pesquisa deste trabalho.

Este capítulo está dividido da seguinte maneira: na seção 4.2 são tratadas as condições produtivas necessárias ao funcionamento adequado do sistema *kanban* original. Na seção 4.3 são resumidas as principais vantagens relacionadas à utilização do sistema *kanban* original. Na seção 4.4 são expostas as características de funcionamento do sistema *kanban* original. Na seção 4.5, é proposto um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema. Este procedimento será utilizado na pesquisa de campo desta dissertação, e a necessidade de sua



elaboração surgiu após a obtenção dos resultados do *survey*, que mostraram que realmente as empresas industriais do Estado de São Paulo da amostra selecionada estão utilizando adaptações do sistema *kanban*. Por fim, na última seção deste capítulo, a seção 4.6, são feitas algumas considerações finais a respeito do procedimento e dos próximos capítulos deste trabalho.

## **4.2 Principais Condições Produtivas Necessárias para a Utilização do Sistema *Kanban* Original**

O capitalismo vem-se moldando ao longo do tempo, sofrendo profundas transformações conjunturais e definindo novos paradigmas produtivos (TUBINO, 2000). De acordo com Sipper e Bulfin (1997) dentre as várias mudanças, o crescimento da sofisticação do consumo tem sido a mais importante. Os consumidores estão buscando pontualidade, variedade, baixo custo e alta qualidade. Em geral, a estrutura do mercado passou da economia de escala (produção em massa) para uma economia de escopo (variedade). Em vista disso, muitas empresas industriais devem realizar a difícil tarefa de combinar a eficiência com a variedade e qualidade. De modo crescente, a flexibilidade é uma exigência que as companhias devem atender a fim de sobreviver e prosperar neste ambiente (STARR, 1988). Vollmann *et al* (1997) ainda destacam que a diminuição do ciclo de vida do produto é uma característica presente nestas mudanças, e que isto tem gerado um movimento para uma competição baseada no tempo. Gaither e Frazier (2002) chamam este mercado de “global sempre mutante”.

Analisadas sob este aspecto, outras características que integram essas mudanças são as tecnologias de informação, os novos materiais e processos, o aumento do uso da automação, dentre outros.

Pires (2004) analisa esse tema para o Brasil do ponto de vista da abertura econômica da década de 90. Muitos setores industriais passaram a se defrontar com uma competição em escala global, tornando-se crucial a forma como as empresas atendem com produtos e/ou serviços a esse mercado com crescentes exigências.

Para que a produção possa suportar as prioridades competitivas impostas por estas mudanças, dentre elas a qualidade, a velocidade de entrega, a pontualidade, preço e flexibilidade, o sistema de PCP é vital. De acordo com Olhager e Wikner (2000), neste

sentido, o sistema de PCP torna-se uma questão estratégica, uma vez que representa o primeiro elo entre o nível estratégico e os níveis abaixo, provendo a estrutura para traduzir as intenções estratégicas em planos táticos e operacionais concretos. Mais ainda, o sistema de PCP existe em relação a uma realidade, e sendo assim, deve haver compatibilidade. Realidade, neste caso, pode ser vista como a demanda dos consumidores, os produtos e os processos de produção.

Contudo, é inevitável que as necessidades específicas de planejamento e controle nas indústrias não sejam adequadamente encontradas, dado que os ambientes são diferentes, salientam Stevenson *et al* (2005). Em parte, acrescentam os autores, isso se deve à aplicabilidade universal sugerida por alguns criadores destes sistemas de PCP. Para Odasso *et al* (1996), este é exatamente um dos problemas mais identificados na literatura: como manter a coerência entre as mudanças organizacionais e as ferramentas desenvolvidas para auxiliar os gerentes a tomarem as decisões?

Muitos outros aspectos podem ser discutidos com relação às interações entre o ambiente e os sistemas produtivos, como por exemplo, Veen-Dirks (2005) que discute a necessidade de adaptação dos sistemas de contabilidade, e Kochhar e Heragu (1999) que examinam questões relativas ao *layout* e as alterações produtivas. Com relação especificamente ao *Just in Time*, dentro do qual o sistema *kanban* se adere, Houghton e Portugal (2001) são enfáticos ao afirmar que enquanto aquele atrai um considerável interesse por parte dos pesquisadores, o impacto das mudanças neste regime e seu gerenciamento não. O quadro 4.1 a seguir sumariza as principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências diretas para as empresas.

**QUADRO 4.1 - Principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências diretas para muitas empresas.**

<b>Principais alterações no ambiente competitivo</b>	<b>Principais conseqüências para muitas empresas</b>
Em determinados mercados houve um crescimento da sofisticação do consumo	Necessidade de pontualidade, variedade, baixo custo e alta qualidade.
No geral a estrutura do mercado passou para uma economia de escopo (variedade)	Necessidade de Flexibilidade
Em vários setores houve uma diminuição do ciclo de vida do produto	Competição baseada no tempo e alta variedade de produtos
Para grande parte das empresas a competição é em escala global	Mercado com crescentes exigências
Surgimento de novas tecnologias de informação, novos materiais, e aumento do uso da automação.	Necessidade de adaptação

É reconhecido também na literatura que o sistema *kanban* somente é apropriado para determinadas condições produtivas, a saber, com baixa variedade de itens, com operações padronizadas, com tempos de processamento estáveis, com demanda estável, e baixos tempos de *setup*, características estas enfrentadas pela Toyota nos anos 50. Esses pontos foram tratados com detalhes no capítulo 3 desta dissertação. Ocorre que com o passar do tempo o mercado vem exigindo as alterações vistas anteriormente, na presente seção. Muitas dessas alterações fazem com que essas condições produtivas não possam mais ser mantidas (por exemplo, baixa variedade de produtos). Esta é uma realidade que muitas empresas que implantaram o sistema *kanban* há alguns anos vêm enfrentando atualmente. Daí sobrevém a necessidade de criar, adaptar e até mudar de SCO. Com relação especificamente ao sistema *kanban*, muitos pesquisadores e muitas empresas têm criado artifícios para utilizá-lo mesmo frente a essas condições produtivas inadequadas. Esses artifícios têm o objetivo principal de adaptar o sistema *kanban* a essas condições. O quadro 4.2 a seguir resume as condições produtivas necessárias ao funcionamento do sistema *kanban* original.

**QUADRO 4.2 - Condições produtivas necessárias ao funcionamento do sistema *kanban* original.**

Baixa variedade de itens
Operações padronizadas
Tempos de processamento estáveis
Demanda estável
Baixos tempos de <i>setup</i>

### 4.3 As Vantagens do Sistema *Kanban*

As funções principais do sistema *kanban* podem ser resumidas nos seguintes pontos (algumas destas funções somente são integralmente entendidas após a leitura das subseções que tratam de seu funcionamento):

a) É um meio efetivo de delegar autoridade, tanto para os chefes ou supervisores, como para os próprios operários (*empowerment*), uma vez que os chefes possuem autonomia para expedir e retirar sinalizadores, e podem estimular o grupo de trabalho ao discutir essas medidas. Esta característica é muito importante também devido a

outro aspecto: há uma descentralização da responsabilidade pelo controle da produção, transferida ao chão de fábrica. Os supervisores e operários da linha têm uma grande vantagem com relação aos programadores, pois têm visibilidade e conhecimento profundo das condições da fábrica a qualquer instante, enquanto os programadores dificilmente estão informados sobre todos os pequenos problemas no chão de fábrica. Ainda mais, as funções desses programadores não são extintas, e podem ser usadas em conjunto, onde o sistema *kanban* pode assumir as funções abaixo do programa mestre de produção, como é descrito na seção 2.3;

b) É um meio de controle de informações, além de separar as informações necessárias das desnecessárias;

c) É um controlador de estoque, fazendo com que seja possível o controle direto na área, visto que os sinalizadores sempre acompanham as peças ou materiais;

d) É um simplificador dos mecanismos de administração do trabalho, por meio do controle de informações e estoques;

e) É um instrumento de dimensionamento do estoque de matérias-primas, caso seja utilizado com os fornecedores (sistema *kanban* externo);

f) É um acelerador de melhorias, visto que informa automaticamente problemas em estações de trabalho por meio da redução dos estoques, e conseqüentemente diminuição do isolamento entre os centros produtivos, o que expõe os problemas da produção por intermédio das paradas de linha (falta de itens). Para Ohno (1997) “este é realmente o ponto em que o sistema *kanban* é realmente inigualável”.

Luss (1989) acrescenta ainda que, na prática, a utilização do sistema *kanban* é atraente tendo em vista a sua simplicidade. Vários autores apontam que os benefícios desta simplicidade somente podem ser conseguidos por meio da observação de algumas regras, a saber:

a) Nenhuma peça deve ser produzida, a não ser que exista um sinalizador de ordem de produção autorizando;

b) As bandejas ou contenedores devem ser padronizados para cada tipo de peça e eles devem ser preenchidos exatamente com a quantidade estabelecida;

c) O processo subsequente deve retirar no processo precedente somente os produtos necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário;

d) É proibida qualquer retirada sem um sinalizador autorizando;

e) O processo precedente deve fazer somente as peças nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente;

f) Produtos com defeito não devem ser enviados para o processo subsequente;

g) O número de sinalizadores deve ser minimizado para diminuir os estoques que isolam os processos, forçando o aparecimento dos problemas, a solução destes e conseqüentemente a melhoria do sistema produtivo como um todo.

O sistema de programação e controle usando cartões ou qualquer sinalizador pode ser utilizado, como descrito anteriormente, para reduzir os estoques. Basta, para isto, retirar sinalizadores, o que significa reduzir o estoque, uma vez que os sinalizadores representam peças, e, portanto, o número de sinalizadores é equivalente ao número de itens no estoque. A partir disto, é possível tornar os problemas visíveis, possibilitando o aparecimento das áreas que precisam ser aperfeiçoadas. Dessa forma, há a possibilidade de se descobrir meios de melhorar a produtividade e a qualidade das operações, por meio de:

- a) Mudanças de *layout*, propiciando um fluxo mais uniforme e contínuo;
- b) Mudanças nos equipamentos, como trocas rápidas de ferramentas;
- c) Mudanças nos procedimentos de trabalho, uniformizando o fluxo de produção;
- d) Redução de refugos;
- e) Redução dos espaços utilizados, em função da diminuição de inventários e tempos reduzidos de espera.

Neste sentido, a participação da mão-de-obra é fundamental, pois o sistema somente fornece os meios para que se veja onde estão os problemas, tornando-se, portanto, uma diretriz do aperfeiçoamento da produção. Com isto, é importante haver esforços concentrados em melhorar regularmente a produtividade, por meio da diminuição da capacidade do contenedor e minimização do número de sinalizadores em uso, resultando na aceleração dos processos e redução tanto dos tempos de espera como dos inventários.

Diante dos diversos benefícios evidenciados pelos vários autores examinados até o momento, é apropriado resumir todas as vantagens relacionadas à utilização do sistema *kanban*:

- a) Controle eficiente dos estágios produtivos;
- b) Redução dos níveis de estoque (e, conseqüentemente, redução dos custos de estoque e redução do espaço físico necessário para estoque);
- c) Redução dos *lead-times*;
- d) Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos;
- e) Redução de refugos e retrabalhos;
- f) Atribuição de *empowerment* aos operadores;

- g) Controle eficiente de informações; e
- h) Simplificação dos mecanismos de administração.

#### 4.4 Características de Funcionamento do Sistema *Kanban* Original

As principais características de funcionamento do sistema *kanban* original, vistas e explicadas no capítulo 3, são:

- a) Puxar a produção;
- b) Controlar a produção de forma descentralizada;
- c) Limitar o nível máximo de estoque (ou seja, número limitado de sinalizadores ou contenedores); e
- d) Usar dois sinalizadores diferentes, um como ordem de produção e outro como autorização de transferência de materiais.

Essas quatro características estão diretamente ligadas às vantagens da utilização do sistema *kanban* original. O quadro 4.3 a seguir relaciona essas características com as vantagens do uso do sistema *kanban* original, evidenciadas na seção 4.3 deste capítulo.

#### QUADRO 4.3 – Relação entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as vantagens do uso desse sistema.

Características de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original	Principais vantagens relacionadas
Puxar a produção	Controle eficiente dos estágios produtivos; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos.
Limitar o nível máximo de estoque	Redução dos níveis de estoque; Redução dos lead-times; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; Redução de refugos e retrabalhos.
Controlar a produção de forma descentralizada	Atribuição de <i>empowerment</i> aos operadores; Simplificação dos mecanismos de administração.
Usar dois cartões diferentes: um como ordem de produção e outro como autorização para transferência de materiais	Controle eficiente de informações.

Puxar a produção garante um controle eficiente dos estágios produtivos uma vez que somente o que é consumido nos processos “consumidores” é produzido e repostado pelos processos “fornecedores”. Além disso, puxar a produção também facilita a identificação da raiz dos problemas produtivos, pois se ocorrerem problemas, a produção é interrompida pela falta de peças nas estações abastecidas (que puxam) pelos processos com problemas.

Limitar o nível máximo de estoque também facilita a identificação da raiz dos problemas produtivos pelos mesmos motivos, acelerando essa identificação, ou seja, quanto menor for o nível de estoque mais rapidamente os problemas produtivos são detectados. A própria redução dos níveis de estoque é em si uma das vantagens de se limitar os níveis máximos de estoque, pois com essa limitação evita-se que seja produzido mais estoques do que seria necessário para cada período produtivo. A outra vantagem, redução dos *lead-times*, é também consequência da limitação dos níveis de estoque, que por serem limitados reduzem os tempos de espera das peças nas filas dos processos. A diminuição dos refugos e retrabalhos também são vantagens oferecidas pela característica de limitar o nível máximo de estoque, pois sendo limitadas as quantidades de peças, nunca haverá mais peças defeituosas além do limite especificado e, mais do que isso, como os problemas produtivos são mais facilmente detectados, apenas uma pequena parcela das peças apresentarão defeitos até que se identifique tal problema.

Já controlar a produção de forma descentralizada tem como principal vantagem atribuir *empowerment* aos operadores. A vantagem do *empowerment* se deve ao fato de que esses operadores têm um conhecimento bastante específico e detalhado das atividades que devem ser executadas no sistema produtivo. Muitas vezes, esse conhecimento é maior (e conseqüentemente, o controle da produção passa a ser mais eficiente) do que o conhecimento de uma pessoa num cargo de controle centralizado em departamento de PCP (Planejamento e Controle da Produção). Mais do que isso, controlar a produção dessa forma simplifica o mecanismo de administração, pois não sobrecarrega o departamento de PCP da empresa.

Por fim, utilizar dois cartões simultaneamente (de ordem de produção e de requisição) contribui com a vantagem de que seja efetuado um controle mais eficiente das informações no chão de fábrica, pois dessa forma, as informações de o que produzir, quanto produzir e quando produzir (papel desempenhado pelo cartão de ordem de produção) ficam totalmente separadas das informações referentes a quando adquirir, quanto adquirir e onde adquirir as matérias primas necessárias para produção dessas peças (papel desempenhado pelo cartão de requisição).

#### **4.5 Proposta de um Procedimento para Avaliação da Utilização do Sistema *Kanban* em Empresas Industriais**

As análises realizadas nas seções anteriores expõem tanto as vocações como as ineficiências do sistema *kanban* e a significativa influência destas em diversos aspectos relacionados ao ambiente competitivo industrial, ilustrando, portanto, as vantagens e as limitações desta abordagem. O fato é que o sistema *kanban* foi criado e funciona efetivamente até hoje como descrito na seção 3.4.2 dentro do contexto do STP. Na época da criação do STP e conseqüentemente do JIT e do sistema *kanban*, o mercado no qual a *Toyota Motor Company* atuava, caracterizava-se por demandas estáveis, pequena variedade de produtos e operações padronizadas. Como visto na seção 3.2, a permanência desta realidade é conseguida na Toyota por meio da baixa variedade de produtos, da padronização das atividades e redução dos tempos de *setup*, o que em conjunto gera uma invariabilidade da condição de operação da empresa. Entretanto, a realidade na qual muitas empresas industriais atuavam nesta mesma época era bastante diferente, e as vezes até oposta. Ainda mais, muitas empresas que operavam em ambientes produtivos e competitivos semelhantes ao da Toyota no início da criação do seu sistema observaram ao longo do tempo diversas mudanças nestas características e passaram a enfrentar uma nova condição muitas vezes antagônica a inicial. As principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências diretas para as empresas são examinadas na seção 4.2 deste capítulo. Todas essas ocorrências possivelmente aliadas ainda a limitadas e/ou prematuras implantações do sistema *kanban* por algumas empresas levaram ao reconhecimento ainda maior das suas restrições diante de determinadas circunstâncias, a saber, as principais: grande variedade de itens (*mix* de produtos), demanda instável, operações não padronizadas, grande variabilidade de tempos de processamento e altos tempos de *setup*. O quadro 4.4 a seguir resume os principais requisitos do ambiente competitivo, as conseqüências para as empresas e as conseqüências para as condições produtivas (internas à empresa).



#### QUADRO 4.4 - Principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências para as empresas

Requisitos do ambiente competitivo	Conseqüências para as empresas	Conseqüência para as condições produtivas (internas à empresa)
Crescimento da sofisticação do consumo	Necessidade de pontualidade, variedade, baixo custo e alta qualidade.	Grande variedade de itens
A estrutura do mercado passou para uma economia de escopo (variedade)	Necessidade de Flexibilidade	Dificuldade de padronização das operações, grande variedade de itens e instabilidade dos tempos de processamento
Diminuição do ciclo de vida do produto	Competição baseada no tempo	Grande variedade de itens, não padronização das operações e instabilidade dos tempos de processamento
Competição em escala global	Mercado com crescentes exigências	Demanda instável e grande variedade de itens
Novas tecnologias de informação, novos materiais e processos, aumento do uso da automação, dentre outros.	Necessidade de adaptação	Demanda instável, grande variedade de itens, instabilidade dos tempos de processamento e dificuldade de padronização das operações

Como proposição deste trabalho, as quatro características de funcionamento do sistema *kanban* original estão diretamente ligadas às vantagens de sua utilização, como visto no quadro 4.3. Já as condições produtivas necessárias à utilização do sistema *kanban* original determinam quais dessas características originais de funcionamento podem ser mantidas. O quadro 4.5 a seguir resume esses relacionamentos.

#### QUADRO 4.5 - Relacionamento entre as características de funcionamento, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema *kanban* original

Características de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original	Principais vantagens relacionadas	Principais condições produtivas necessárias para utilização das características de funcionamento original
Puxar a produção	Controle eficiente dos estágios produtivos; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos.	Tempos de processamento estáveis; Operações padronizadas; Demanda estável.
Limitar o nível máximo de estoque	Redução dos níveis de estoque; Redução dos lead-times; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; Redução de refugos e retrabalhos.	Tempos de processamento estáveis; Operações padronizadas; Demanda estável; Baixos tempos de <i>setup</i> .
Controlar a produção de forma descentralizada	Atribuição de <i>empowerment</i> aos operadores; Simplificação dos mecanismos de administração.	Baixa variedade de itens; Tempos de processamento estáveis; Operações padronizadas; Demanda estável.
Usar dois cartões diferentes: um como ordem de produção e outro como autorização para transferência de materiais	Controle eficiente de informações.	Baixa variedade de itens; Operações padronizadas; Tempos de processamento estáveis; Demanda estável.

Com relação às condições necessárias para a utilização das características de funcionamento do sistema *kanban* original tem-se:

a) Para puxar a produção é necessário:

- Que os tempos de processamento das estações produtivas sejam estáveis, pois caso contrário haveria falta de peças quando os processos “consumidores” puxassem mais rapidamente o os processos “fornecedores” repusessem mais lentamente;

- Que as operações sejam padronizadas, justamente para garantir que as variações nos tempos de processamento sejam minimizadas e para que a eficiência do controle puxado seja garantida;

- Demanda estável, pois se a demanda variar demasiadamente, o processo puxado ficará desabastecido nos momentos de pico da demanda e ficará parado nos momentos de vale da demanda, ocasionando sobrecarga e baixa utilização, respectivamente;

b) Para limitar o nível máximo de estoque é necessário:

- Que os tempos de processamento das estações produtivas sejam estáveis, pelos mesmos motivos da característica de puxar a produção. A característica de limitar o nível máximo de estoque somente poderia ser mantida nesses casos onde os tempos de processamento fossem instáveis se esse limite máximo fosse alto, ou seja, se fossem mantidos altos níveis de estoque, o que iria contra os princípios do JIT e da utilização do sistema *kanban*;

- Que as operações sejam padronizadas, pelos mesmos motivos da característica de puxar a produção;

- Demanda estável, pois caso contrário haveria falta de peças durante as altas de demanda e excesso de peças durante as baixas de demanda, gerando custos desnecessários com manutenção de estoques;

- Baixos tempos de setup, pois isso acarretaria a manutenção de altos níveis de estoque e de grandes lotes de produção, o que iria contra os princípios do JIT e da utilização do sistema *kanban*.

c) Para controlar a produção de forma descentralizada é necessário:

- Que haja baixa variedade de itens, pois com o aumento da variedade de itens e, conseqüentemente, da complexidade do sistema produtivo, o controle feito apenas pelos operários é dificultado, sendo preciso uma forma de centralizar e agregar as informações para o controle eficiente das operações;

- Que as operações sejam padronizadas, justamente para garantir que as variações nos tempos de processamento sejam minimizadas e para diminuir a complexidade do sistema produtivo;

- Que os tempos de processamento das estações produtivas sejam estáveis, para que não haja também um aumento da complexidade do sistema produtivo;

- Demanda estável, pois caso contrário, o acompanhamento ou atendimento dessa demanda não seria possível somente pela reação do controle descentralizado, ocasionando atrasos e falta de itens.

d) Para usar cartões como ordem de produção e como autorização para transferência de materiais simultaneamente é necessário:

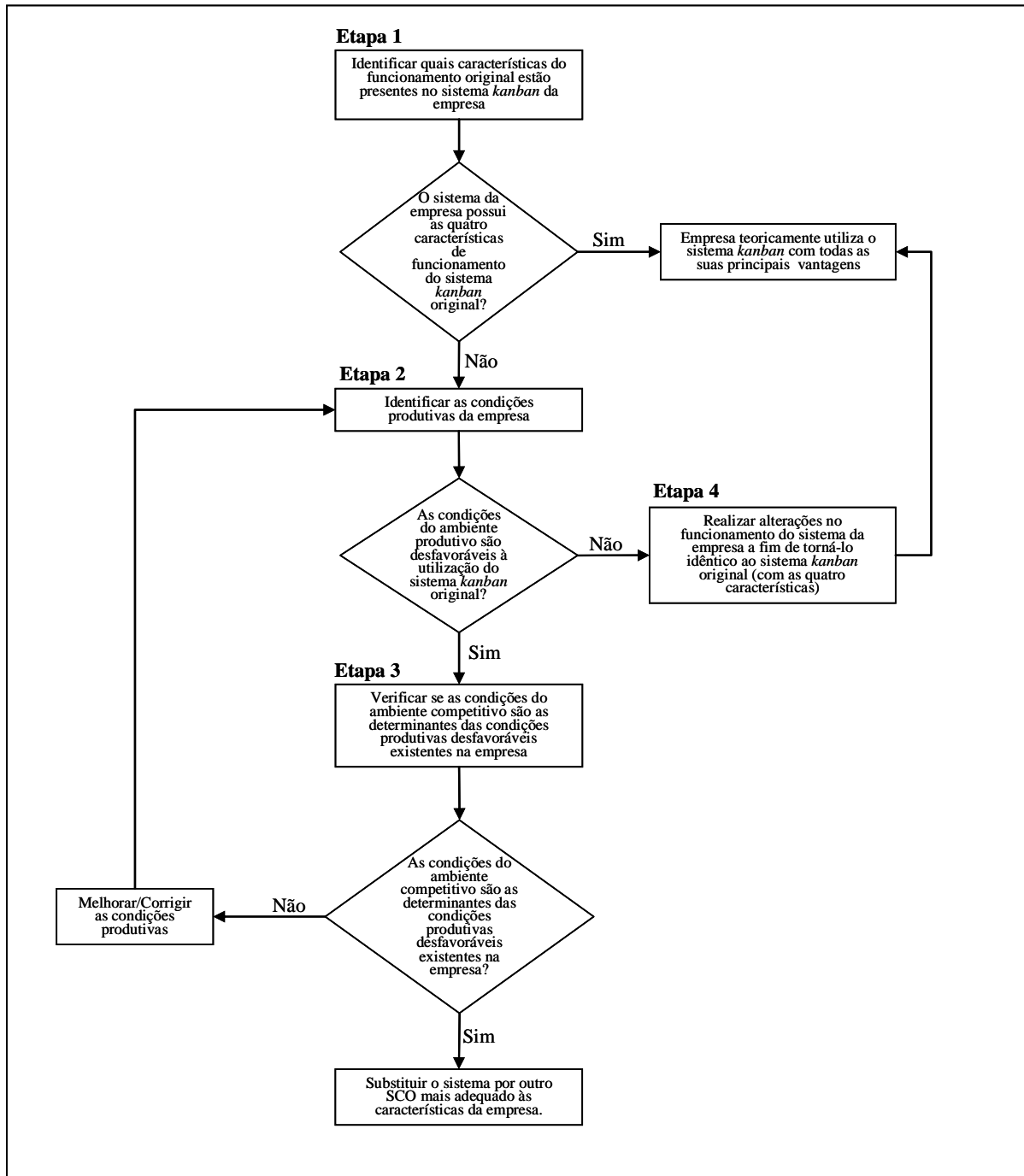
- Que haja baixa variedade de itens, pois caso contrário a quantidade de cartões diferentes seria aumentada consideravelmente, a ponto de tornar ineficiente o controle visual dos painéis e postos de cartões de ordem de produção e de requisição respectivamente;

- Que as operações sejam padronizadas, para garantir a estabilidade dos tempos de processamento;

- Que os tempos de processamento das estações produtivas sejam estáveis e que a demanda seja estável, pois caso contrário, a própria determinação da quantidade de cartões para cada peça fica impossibilitada, uma vez que a fórmula para o cálculo do número de cartões leva em conta essas dimensões.

Como visto anteriormente, para ser considerado o sistema *kanban* original, é necessário que o SCO possua as quatro características do seu funcionamento. Dessa forma, uma adaptação do sistema *kanban* é qualquer sistema que possua ao menos uma dessas quatro características, mas não todas. Como as características de funcionamento do sistema *kanban* original estão diretamente ligadas às vantagens de sua utilização, uma adaptação, mesmo que se aproprie de novas vantagens (como, por exemplo, poder ser eficazmente utilizada em condições produtivas onde o sistema original não poderia), deixa de possuir ao menos uma das vantagens vistas anteriormente. Em outras palavras, para ser considerada uma adaptação o SCO não deve possuir todas as quatro características originais, e por efeito, não pode possuir as vantagens relacionadas às características não presentes.

Diante dos relacionamentos mostrados no quadro 4.5, propõe-se um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema, ilustrado pela figura 4.1, a seguir.



**FIGURA 4.1 – Procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais.**

Etapa 1: nesta etapa, deve-se analisar o sistema utilizado pela empresa e relacioná-lo às quatro características de funcionamento do sistema *kanban* original, ou seja, identificar se o sistema em análise puxa a produção ou não, se limita o nível máximo de estoque ou não, se controla a produção de forma descentralizada ou não e se utiliza dois cartões diferentes simultaneamente. Se o sistema da empresa possui as quatro características

de funcionamento, então este sistema é o sistema *kanban* original e a empresa teoricamente pode certificar-se de que está usufruindo de todas as vantagens relacionadas às características de funcionamento do sistema *kanban* original. Nesses casos, os esforços da empresa devem ser no sentido de racionalizar os parâmetros de utilização do sistema *kanban* como, por exemplo, redução do tamanho dos lotes e diminuição do número de cartões. Caso contrário, ou seja, se o sistema em questão não possuir as quatro características de funcionamento, deve-se seguir para a etapa 2 do procedimento;

Etapa 2: nesta etapa, deve-se identificar se a empresa possui as condições necessárias à utilização do sistema *kanban*. Deve-se, portanto, verificar as condições produtivas do local ou setor da empresa onde o sistema em análise é usado, ou seja, averiguar se neste local há baixa variedade de itens, as operações são padronizadas, os tempos de processamento são estáveis, a demanda é estável e os tempos de setup são baixos. Se as condições do ambiente produtivo forem desfavoráveis à utilização do sistema *kanban* (utilizar como referência a primeira e a terceira colunas do quadro 4.5), então deve-se seguir para a etapa 3. Caso contrário, deve-se passar direto para a etapa 4;

Etapa 3: nesta etapa, deve-se analisar os requisitos do ambiente competitivo da empresa. Em outras palavras, deve-se investigar quais são as verdadeiras causas para as condições produtivas desfavoráveis verificadas na etapa 2, ou seja, se essas condições produtivas são realmente exigidas pelos requisitos do ambiente competitivo no qual a empresa atua ou se são ocasionadas por problemas internos à empresa como, por exemplo, mau planejamento. Nesta etapa deve-se utilizar como referência o quadro 4.4. Se as condições produtivas forem resultantes de problemas internos à empresa, então deve-se primeiramente resolver tais problemas e, após isso, retornar à etapa 2. No caso de essas condições produtivas serem de fato causadas pelos requisitos do ambiente competitivo da empresa, então a empresa deve substituir o SCO por outro mais adequado. Isto porque nessas circunstâncias as empresas estariam subutilizando as vantagens do sistema *kanban*, não justificando a continuidade de seu emprego como SCO. Nestes casos, pode-se utilizar como referência o trabalho de MacCarthy e Fernandes (2000), para determinação de qual seria o SCO mais adequado à empresa.

Etapa 4: Nesta etapa a tarefa é empreender esforços para implantar as características que forem possíveis de serem utilizadas frente às condições da empresa.

## 4.6 Considerações Finais

Diante da dificuldade de utilizar o sistema *kanban* nas situações desfavoráveis evidenciadas no quadro 4.4, muitos pesquisadores propuseram adaptações do sistema *kanban*, semelhantes em termos de características de funcionamento ou não, mas que auxiliaram conscientemente na construção de formas funcionais mais apropriadas em relação à realidade a que se remetem. Sendo uns sistemas mais diretamente associados ao sistema *kanban* do que outros pelos próprios autores ou criadores, há a necessidade da definição de critérios para diferenciar os sistemas que seguem as características de funcionamento original e os que não seguem. Esses critérios e as adaptações do sistema *kanban* na literatura são apresentados e analisados no capítulo 5 a seguir, e as adaptações na prática são analisadas no capítulo 6.

## 5 AS ADAPTAÇÕES DO SISTEMA *KANBAN* NA LITERATURA

### 5.1 Introdução

Uma área de pesquisa da gestão da produção bastante explorada recentemente tem sido a criação de sistemas de coordenação de ordens de produção e compra (SCO). Este canal fundamental, onde o maior desafio é desenvolver mecanismos e procedimentos eficazes que atendam não somente às necessidades internas das organizações, mas também às externas, gerou uma sucessão de idéias ora encadeadas, ora dispersas, que resultaram em inúmeras publicações científicas que tratam diretamente deste assunto. Dentro deste mesmo eixo de pesquisa encontram-se ainda propostas de reformulação dos SCOs já existentes. Nestes casos, o objetivo, igualmente válido e útil, é aproveitar as vantagens desses sistemas e alterar os componentes que lhes atribuem desvantagens em relação a uma determinada situação, de forma a não somente propor algo novo, mas adaptar um conceito. Nestas situações em particular, os sistemas não possuem o apelo da aplicabilidade universal, mas sim são específicos para uma dada circunstância produtiva e competitiva. Sobre esta última via de pesquisas é que este capítulo atua, mais precisamente com relação ao foco desta dissertação, ou seja, as adaptações do sistema *kanban* da Toyota.

A importância deste capítulo está ligada primeiramente à carência de uma classificação dos esforços dispersos empreendidos por vários pesquisadores com relação ao aperfeiçoamento do sistema *kanban*, amplamente conhecido e estudado, e sua adequação às novas ou diferentes necessidades dos sistemas produtivos e mercados competitivos. Esta classificação, além de condensar as pesquisas e resultados alcançados, proporciona um melhor entendimento do funcionamento desses sistemas de coordenação de ordens de produção e compra e, além disso, na prática, serve de base para se projetar e ou selecionar essas adaptações de forma adequada às condições em que se encontra um dado sistema produtivo. Outra contribuição deste capítulo, e não menos relevante, é a demonstração da transformação da utilização do sistema *kanban*, constatando o que há de novo com relação aos conceitos associados a este sistema, e demonstrando suas vantagens e desvantagens.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo, além de congregiar essas alternativas, é expor, interpretar e estruturar de forma analítica e classificatória os esforços de diversos

pesquisadores que publicaram seus resultados na literatura sobre gestão da produção. Com este intuito, as próximas seções estão divididas da seguinte maneira: a seção 5.2 estabelece as definições que são utilizadas para permear todas as análises das seções subseqüentes. Na seção seguinte, 5.3, são expostos e analisados todos os sistemas *kanban* adaptados que se enquadram no primeiro critério de diferenciação, ou seja, os sistemas que seguem a mesma lógica de funcionamento do sistema de origem. Os detalhes das características desta classe de sistemas estão exprimidos na seção 5.2. Já na seção 5.4 são analisados os sistemas que se enquadram na classe dos que não seguem a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original. A seção 5.5 sintetiza todas as análises feitas nas seções anteriores por meio de uma classificação e análise das adaptações do sistema *kanban* na literatura. A última seção apresenta uma análise resumida da relação entre o presente capítulo e o tema tratado no capítulo 6.

## 5.2 Definições

Grande parte do desempenho de um sistema produtivo é determinado pelo sistema de coordenação de ordens de produção e compra. Muitos desses SCOs têm sido desenvolvidos em função desta importância e da observância de que cada sistema produtivo e o ambiente no qual está inserido têm características singulares. Recentemente, mais do que apenas realidades produtivas e competitivas estaticamente diferentes entre si, têm-se mudanças cada vez mais rápidas nas características destas condições de forma dinâmica, ou seja, a situação interna e a situação externa de cada empresa tornam-se diferentes ao longo do tempo. Daí sobrevém a necessidade de criar, adaptar e até mudar de SCO, que inicialmente atende à realidade e, portanto, provê um bom desempenho ao sistema produtivo, mas que em um segundo momento torna-se ineficaz.

Dentre os SCOs existentes e suas modificações, o ponto de convergência para esta dissertação é o sistema *kanban*, mais especificamente os sistemas que foram criados com base nele e suas adaptações. Dessa forma, tendo-se como referência um sistema existente e nitidamente definido como o sistema *kanban* da Toyota, faz-se necessário criar, com embasamento nos padrões e nas características originais de seu funcionamento, propriedades de discernimento entre este e os sistemas adaptados e, dentre os adaptados, aqueles que



seguem de fato os moldes originais. Levando-se tudo isto em consideração, a seguir são definidos os critérios de diferenciação.

Partindo-se do pressuposto que mudanças foram realizadas no sistema *kanban* para adaptá-lo ou então houve um embasamento neste sistema para a criação de um novo, constata-se que o grau das mudanças realizadas constitui-se um critério fundamental de segregação. A avaliação da amplitude da alteração dessas propriedades originais, portanto, é o orientador da análise que será realizada nos sistemas adaptados para se determinar o que é chamado nas próximas duas subseções de sistemas que seguem e sistemas que não seguem a lógica de funcionamento original. Isso é feito nesta dissertação da seguinte forma:

a) Os sistemas que possuem modificações em relação ao sistema *kanban* da Toyota, mas que, no entanto, se assemelham a ele a ponto de manter mais do que a metade das características genuinamente associadas ao sistema original, são considerados como seguidores da lógica de funcionamento original. As características, descritas anteriormente no capítulo 4 e reforçadas neste ponto, são:

- Puxar a produção;
- Controlar a produção de forma descentralizada;
- Limitar o nível máximo de estoque (ou seja, número limitado de sinalizadores ou contenedores); e
- Uso de dois sinalizadores diferentes (ordem de produção e autorização de transferência de materiais) simultaneamente;

b) Os sistemas que possuem modificações em relação ao sistema *kanban* da Toyota, mas que também desconfiguram ele a ponto destes não possuírem mais do que a metade das características genuinamente associadas ao sistema original, são considerados como não seguidores da lógica de funcionamento original.

O quadro 5.1 a seguir ilustra o critério de classificação quanto à lógica de funcionamento dos sistemas estudados.

**QUADRO 5.1 – Critério de classificação em relação à lógica de funcionamento das adaptações.**

Número de características presentes	Classificação
0	Adaptação que <b>não</b> segue a lógica de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original
1	Adaptação que <b>não</b> segue a lógica de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original
2	Adaptação que <b>não</b> segue a lógica de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original
3	Adaptação que segue a lógica de funcionamento do sistema <i>kanban</i> original
4	Sistema <i>kanban</i> original

É importante deixar claro, neste ponto, que com esses critérios pretende-se apenas criar uma forma geral de segregação das adaptações, tendo-se como referência o sistema *kanban* criado pela Toyota. Da mesma forma, é fundamental esclarecer que, neste trabalho, o termo *funcionamento* da expressão “lógica de funcionamento”, reporta-se unicamente às quatro características de funcionamento. Em outras palavras, neste trabalho, para ser considerada uma adaptação o SCO não deve possuir todas as quatro características originais.

Com relação ao uso dos sinalizadores, nesta dissertação, para ser considerado o sistema original é necessário que sejam utilizados os dois tipos simultaneamente, um com função de ordenar a produção e o outro com a função de autorização para transferência de materiais. Caso apenas um dos tipos seja utilizado, então se trata de uma adaptação.

Com relação aos sistemas híbridos em especial, para esta dissertação, as combinações que simplesmente utilizam mais de um SCO, sendo um deles o sistema *kanban*, porém que não alteram nenhuma de suas propriedades não são considerados sistemas adaptados. Essas fusões entre sistemas já existentes são muito comuns na literatura, mas apenas utilizam formas diferentes de coordenar as ordens de produção e compra em segmentos diferentes (partes separadas) de um sistema produtivo.

### **5.3 Os Sistemas Que Seguem a Lógica de Funcionamento Original**

Nesta seção são apresentadas e analisadas todas as adaptações do sistema *kanban* que preservam a maioria de suas características, ou seja, mais da metade das características de funcionamento do sistema original. Algumas denominações destes sistemas foram atribuídas por este estudo, não sendo, portanto, explicitamente concedidas pelos autores que os desenvolveram, mas que intuitivamente os vinculam às suas propriedades mais evidentes. Para cada adaptação é assinalada ou são assinaladas as referências de onde foram extraídas as informações, para facilitar a confrontação com os documentos originais.

No chamado sistema *kanban* CNE (Controlado pelo Nível de Estoque), com somente sinalizador de ordem de produção apenas o sinalizador de ordem de produção é empregado. A vantagem deste com relação aos sistemas de duplo cartão é a simplicidade, pois são suprimidos os sinalizadores de requisição e há apenas uma área de estocagem entre dois

centros de trabalho consecutivos. Geralmente emprega-se este tipo de sistema quando as estações de trabalho situam-se próximas e/ou o transporte das peças é fácil e pode ser realizado manualmente pelos próprios operadores. Em resumo, nenhuma estação de trabalho é programada, os estoques são controlados e a produção é puxada e iniciada pelo consumo de produtos finais. Na literatura este sistema não é nitidamente considerado como uma adaptação, sendo tratado como um tipo especial chamado de “*kanban* comum” por Monden (1984).

O sistema *kanban* H com somente sinalizador de ordem de produção é idêntico ao sistema *kanban* CNE com somente sinalizador de ordem de produção, com exceção do fato de possuir o último estágio produtivo programado, ao invés de reagir ao nível de estoque de produtos finais, sendo muito utilizado para as mesmas condições.

Vários pesquisadores como, por exemplo, Ansari e Modarress (1995), Vernyi e Vinas (2005), fazem menção e expõem a utilização do sistema *kanban* original com apenas uma modificação: substituição dos sinalizadores físicos por sinalizadores eletrônicos, ou seja, trocar o uso manual proposto no sistema original pelo uso virtual de sinais que representam ora ordens de produção, ora autorização para a transferência de materiais: o sistema *e-kanban*. Esse tipo de operação, muito comum entre compradores e fornecedores, embora muito semelhante ao sistema original, trata-se de uma adaptação que possui tanto vantagens como desvantagens. As principais vantagens são permitir melhorias nos relacionamentos com fornecedores, para o caso de os sistemas serem utilizados externamente à empresa; avaliar o desempenho dos fornecedores de forma instantânea; garantir precisão nas quantidades requeridas e transmitidas; pode ser usado quaisquer que sejam as distâncias físicas entre as operações produtivas; e diminui a quantidade de papéis manejados na fábrica. A utilização deste tipo de tecnologia para auxiliar o funcionamento do sistema é proposta desde a criação do sistema *kanban*, e mesmo nos primeiros artigos sobre o assunto como o de Monden (1981) são mostradas formas de utilizar as características de seu funcionamento entre máquinas automatizadas.

O *Simultaneous Kanban Control System* (SKCS) e o *Independent Kanban Control System* (IKCS) são variações do uso do sistema *kanban* original para sistemas produtivos com operações de montagem. Não se trata, portanto, de uma criação ou adaptação específica que possa ser atribuída a um determinado pesquisador ou a uma determinada organização, mas sim uma ampliação de sua aplicabilidade para casos muito comuns em manufaturas. A forma com que os sinalizadores são liberados para os estágios precedentes depende apenas da regra estabelecida. No caso do SKCS, é permitida a liberação desses

sinalizadores somente quando a operação de montagem possa realmente ser iniciada. Ou seja, a informação da demanda é transmitida ao mesmo tempo para todas as estações imediatamente precedentes à estação de montagem, o que quer dizer que a necessidade é sinalizada simultaneamente. A simultaneidade da liberação dos sinalizadores pode ocasionar um atraso nas transmissões das demanda nos casos de alguns componentes, particularmente para aqueles que entrarem mais rapidamente na estação de montagem. A segunda regra de gerenciamento das liberações dos sinalizadores em forma de demanda é conhecida por IKCS. Neste caso, nenhum atraso na transmissão das demandas ocorre, pois os sinalizadores são transferidos para os processos precedentes de forma independente, ou seja, imediatamente após o transporte das peças para o processo de montagem, mesmo quando os demais componentes necessários à montagem não estejam disponíveis. Simulações realizadas por Matta *et al* (2005) demonstraram, dentre outros fatos, que o IKCS é relativamente mais reativo à demanda do que o SKCS, pois a transferência das informações é mais rápida no primeiro tipo. Por outro lado, o IKCS tende a manter níveis maiores de estoque em processo, pois, muitas vezes, os componentes produzidos não podem ser utilizados na montagem.

O *Periodic Pull System* (PPS) foi criado e demonstrado na forma de um modelo teórico por Kim (1985) como uma alternativa ao sistema *kanban* original. A ligeira diferença entre estes sistemas é em relação à transferência de informações, sendo a proposta do PPS utilizar um sistema computadorizado, empregando equações matemáticas para reduzir o tempo de processamento das informações. Isso é feito por meio do gerenciamento do status do fluxo dos materiais em todos os processos periodicamente. Como resultado, somente a exata quantidade de material que tenha sido consumida por uma dada estação de trabalho é produzida pelo processo correspondente. Somando-se a isso, no início de cada período são conhecidas todas as requisições de produção acumuladas e, dessa forma, o seqüenciamento das famílias de produtos e a alocação da mão de obra pode ser feita antecipadamente para o período posterior. De acordo com o autor, em face destas propriedades, os potenciais picos e vales das atividades produtivas durante o período podem ser nivelados. Os estoques são limitados como no sistema original, porém com a diferença de que a cada período pode haver mudanças nos valores máximos, de acordo com a demanda, para que não ocorram faltas. A decisão, portanto, deve determinar a quantidade a ser produzida e transportada para não exceder os níveis máximos. Algumas das vantagens do PPS, de acordo com Kim (1985) são: a flexibilidade da escolha do tamanho dos períodos (semanal, diário, etc.), menor *lead time* de transferência de informações, independência da distância geográfica entre os processos, flutuações da demanda são transferidas, porém não são propagadas para os processos à

montante e possibilidade de aumento dos níveis de estoque para evitar faltas. Mais informações podem ser obtidas em Kim (1985).

O *Dynamically Adjusting Kanban*, cujo diferencial básico em relação ao sistema *kanban* original consiste no ajuste dinâmico do número de sinalizadores (e conseqüentemente dos níveis de estoque), foi proposto teoricamente pelos pesquisadores Rees, Philipoom, Taylor e Huang em 1987 (REES *et al*, 1987). Trata-se de uma adequação às necessidades das empresas americanas que enfrentam condições instáveis de demanda. Em Rees *et al* (1987) são encontradas as equações necessárias para o cumprimento dos cálculos relativos à alteração no número de sinalizadores.

Proposto por Seidmann (1988), o *Regenerative Pull Control System* (RPCS) é uma adaptação das características de funcionamento original do sistema *kanban* para um sistema produtivo automatizado com máquinas executando processos em paralelo. O principal motivo para o desenvolvimento do RPCS foi a necessidade de atenuar os efeitos da variabilidade dos tempos de processamento nas células produtivas. Em resumo, tem-se um sistema automatizado com estoques controlados onde a principal variável de decisão é a alocação do diferentes tipos de produtos às células robotizadas em paralelo que servem um conjunto de estações de trabalho subseqüentes que puxam essa produção. Seidmann (1988) entra em detalhes com relação às equações matemáticas envolvidas nos algoritmos computacionais utilizados no RPCS e, mais do que isso, demonstra por meio de exemplos numéricos seu funcionamento. Este sistema puxa a produção, limita o nível máximo de estoque e utiliza sinalizações eletrônicas para tomar decisões relativas à produção e transferência de materiais. O RPCS é indicado para sistemas produtivos com alta variabilidade de itens e tempos de processamento.

O *Job-Shop Kanban* é uma proposta para sistemas produtivos do tipo *job-shop* (pequeno volume de produção e alta variedade de itens) implantada em um projeto piloto por Gravel e Price em 1988 (GRAVEL e PRICE, 1988). As principais alterações realizadas no sistema original foram no quadro de sinalizadores e nos próprios sinalizadores, que no *job-shop kanban* são associados não a produtos e sim a uma determinada operação, que pode ser realizada por mais de uma máquina e utilizando mais de uma peça. As características de produção puxada, controle descentralizado, limitação do nível máximo de estoque e uso dos sinalizadores apenas como ordem de produção são mantidas, resultando em um sistema que segue a lógica de funcionamento original, ao mesmo tempo em que oferece maior efetividade frente a uma grande variedade de itens, fluxo de materiais complexo e alta variação entre os tempos de processamento das estações de trabalho.

O *Minimal Blocking* é uma proposta feita por So e Pinault (1988) como uma alternativa ao sistema *kanban*, onde o objetivo básico é determinar uma estimativa da quantidade máxima de estoques de segurança no processo de forma a compensar as variações dos tempos de processamento, as quebras de equipamentos e as flutuações da demanda. Esta adaptação consiste na aplicação de uma série de equações matemáticas para a determinação, em cada estágio produtivo em função das características dos tempos de processamento, das quebras dos equipamentos e das flutuações da demanda, dos níveis de estoque a fim de prover ao sistema produtivo como um todo um determinado nível de serviço ao consumidor. Esta adaptação controla de forma descentralizada a produção, limita o nível máximo de estoque, embora permita que este seja alcançado empurrando-se as peças produzidas e utiliza simultaneamente sinalizadores como ordem de produção e como autorização para transferência de materiais simultaneamente. Outras informações relativas ao *minimal blocking* podem ser vistas em Bonvik *et al* (1997).

O *Generalized Kanban Control System* (GKCS) foi proposto teoricamente por Buzacott (1989) e Zipkin (1989). Trata-se da combinação com algumas alterações de dois SCOs muito conhecidos, o sistema de estoque base e o sistema *kanban*. Isso é feito por meio da manutenção de estoques de segurança, para atender instantaneamente à demanda, e utilização de sinalizadores apenas para a autorização da produção e para limitar os níveis de estoque. Uma desvantagem deste sistema, realçada por alguns autores, é a necessidade da definição e gerenciamento de dois parâmetros de controle por estágio, o estoque de segurança e o número de sinalizadores de ordem de produção. As principais diferenças com relação ao sistema *kanban* original é que no GKCS as demandas se movem separadamente dos sinalizadores e mesmo se não houver peças prontas nos estoques de saída das estações de trabalho, a ordem representada pelos sinalizadores é transferida para o estágio precedente, desde que haja sinalizadores disponíveis. Para diversos estudos simulados realizados nos artigos que investigam o desempenho deste sistema a vantagem do GKCS mais evidente é sua flexibilidade e aderência às flutuações da demanda. Um maior detalhamento do GKCS é encontrado em Frein *et al* (1995), Karaesmen e Dallery (2000), Dallery e Liberopoulos (2000) e Baynat *et al* (2002).

Criado e implantado na prática por uma equipe liderada por Steve Otenti por volta de 1989 e descrito em 1991, o *Modified Kanban System* (MKS) trata-se de uma modificação do sistema *kanban* para ser utilizado em uma fábrica de semicondutores, cujas características impediam a implantação do sistema original puro (OTENTI, 1991). A principal motivação para o desenvolvimento deste sistema foi a irregularidade dos carregamentos nas

linhas de produção causada por problemas operacionais que mesmo após resolvidos deixavam dificuldades residuais que impactavam no processo produtivo durante algum tempo. O princípio básico de funcionamento do MKS é dividir as operações em grupos ou centros de controle de estoque e, dentro de cada grupo, criar uma limitação dos estoques, por meio de sinalizadores. As desvantagens dos procedimentos operacionais do MKS é a grande movimentação de funcionários dentro e entre as operações. Por outro lado este sistema é auto-gerenciável e elimina a necessidade do monitoramento dos níveis de estoque durante cada período. Além disso, segundo Otenti (1991) este sistema é simples, facilmente implantável e de baixo custo. O MKS, apesar de não puxar a produção, possui as características de controle descentralizado, limitação do nível máximo de estoque e uso dos sinalizadores como autorização de transferência de materiais. Sua utilização permite melhores resultados em condições de tempos de processamento muito diferentes e variáveis.

Proposto por Chaudhury e Whinston (1990), o *Auto-Adaptive Kanban* possui uma estrutura de controle similar ao sistema *kanban*, com a característica de ser auto-adaptável às condições produtivas e de demanda. Trata-se de um controle descentralizado de processos automatizados de forma *on-line*. Segundo os criadores, esta proposta é muito mais flexível e versátil que o sistema *kanban* original, principalmente em relação à variedade de produtos e da demanda no curto prazo. Esta proposta é baseada na simplicidade e necessidade de poucos dados do sistema *kanban* e, também, nas tecnologias computacionais existentes na manufatura como, por exemplo, CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Os criadores do *auto-adaptive kanban* utilizaram simulações para testar seu comportamento e obtiveram resultados que comprovam principalmente que este sistema apresenta, em relação ao original, um melhor balanceamento da distribuição das cargas de trabalho. As características de puxar a produção, controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque são observadas neste sistema que, portanto, segue a lógica de funcionamento original.

O *Concurrent Ordering System* foi teoricamente criado e desenvolvido por Izumi e Takahashi (1993). A principal característica que o torna dessemelhante ao sistema *kanban* da Toyota é a emissão simultânea das ordens de produção e de transporte de materiais para todos os processos produtivos com base na demanda real no último estágio. Para liberar essas ordens, os sinalizadores de transporte e produção de todos os estágios ficam afixados nos produtos finais. Os pedidos que chegam são satisfeitos pelo estoque de produtos finais, e os sinalizadores que estavam junto a esses produtos acabados são removidos, separados e transferidos a todos os processos correspondentes. Dessa forma, o intuito básico, segundo os

autores, é evitar que ocorra a interrupção da transmissão das ordens em casos de falta de estoque em algum ponto, o que não ocorre no sistema *kanban* original. Outra vantagem destacada pelos autores é a redução do atraso na transmissão das ordens, uma vez que é imediata, simultânea e em todos os processos. Para as condições instáveis de demanda e tempo de processamento o sistema mostra-se melhorado. Mais detalhes podem ser obtidos em Takahashi *et al* (1997), Takahashi e Nakamura (1998a), Takahashi e Nakamura (1998b).

O *Modified Concurrent Ordering System* é também uma adaptação do *kanban*, na qual, em 1996, os pesquisadores Takahashi, Nakamura e Ohashi modificaram uma das características do *concurrent ordering system*, anteriormente proposto, para melhorar seu funcionamento (TAKAHASHI *et al*, 1996). No *concurrent ordering system* a transmissão das ordens depende da existência de estoque dos produtos finais, ou seja, se não houver produtos acabados no último estágio a transmissão das ordens é atrasada até que novos produtos estejam prontos. Para os autores, isso pode ser evitado simplesmente enviando imediatamente sinalizadores no momento da chegada de uma nova demanda, e não quando produtos forem consumidos do estoque. Simulações realizadas pelos pesquisadores apresentaram resultados que mostram que nesta adaptação os tempos de espera são menores que no *concurrent ordering system* e no sistema *kanban* original, porém os níveis médios de estoque são maiores. Pelos mesmos motivos que o *concurrent ordering system*, este sistema é seguidor da lógica de funcionamento original e, ainda mais, possui condições de desempenho mais favoráveis a demandas e tempos de processamento instáveis.

A primeira descrição do *Generic Kanban System* (GKS) foi feita em 1994 (CHANG e YIH, 1994a). A principal justificativa para a criação do GKS foi a necessidade de um sistema do tipo *just in time* para ambientes produtivos não repetitivos. A diferença do GKS, o que confere a ele este nome, é com relação a utilização dos sinalizadores, que neste caso são “genéricos”, ou seja, não pertencem a uma determinada peça, podendo, portanto, ser atribuídos a qualquer item dentro de cada estação de trabalho. Neste sistema é necessário um tempo de espera, pois não são mantidos estoques de produtos intermediários, apenas são mantidos sinalizadores que, por sua vez, quando retirados não disparam automaticamente a produção de novas peças e sim, aguardam por uma nova requisição. Com a realização de simulações, foi constatado que o GKS apresenta um melhor desempenho comparativamente ao sistema original frente às condições instáveis de demanda. Mais detalhes sobre este sistema encontram-se em Chang e Yih (1994a), Chang e Yih (1994b) e Chang e Yih (1998).

O *Flexible Kanban System* (FKS) é um sistema bastante tratado na literatura e criado por Gupta e Al-Turk (1997). Fundamentalmente, este sistema adaptado utiliza um



algoritmo para manipular dinamicamente e sistematicamente o número de sinalizadores com a finalidade de evitar os bloqueios e os desabastecimentos causados pelas incertezas (principalmente com relação aos tempos de processamento e à demanda) durante o ciclo produtivo. O funcionamento do FKS é idêntico ao do sistema *kanban* original, com exceção apenas que o número de sinalizadores não é fixo durante o período produtivo, sendo calculado por meio de um algoritmo desenvolvido pelos criadores deste sistema. A efetividade do FKS foi testada por meio de simulações, onde os resultados apontaram que este sistema apresenta um melhor desempenho (em termos de estoque em processo, tempos para completar ordens e número de pedidos atrasados) que o sistema *kanban* original para condições de demanda instável e alta variabilidade dos tempos de processamento nas estações de trabalho. Mais detalhes com relação a este sistema são encontrados em Gupta e Al-Turki (1997), Gupta e Al-turki (1998), Perry e Gupta (1999) e Moore e Gupta (1999).

O *Push-Pull Approach* (PPA) é resultado de um esforço na tentativa de criar uma abordagem geral para adaptar a utilização do sistema *kanban* para os mais diversos tipos de sistemas produtivos. Esta proposição foi feita pelos pesquisadores Huang e Kusiak (1998), com a intenção de aprimorar a utilização do sistema *kanban* levando em conta as diferenças internas existentes entre os processos produtivos de uma mesma produção e duas abordagens diferentes de produção: empurrada e puxada. Após a apresentação desta adaptação, os autores demonstram sua efetividade por meio de uma simulação. O PPA implantado pode assumir diversas configurações, dependendo das características do sistema produtivo em questão. Ele pode desde tomar a forma de um sistema *kanban* puro como de um sistema totalmente empurrado. Porém, desde que se esteja considerando uma situação onde teoricamente possa ser instalado um sistema *kanban* pelo menos em alguma parte do processo, esta adaptação controla de forma descentralizada a produção, limita o nível máximo de estoque e utiliza simultaneamente sinalizadores como ordem de produção e como autorização de transferência de materiais. Além disso, o PPA mostra-se efetivo para sistemas produtivos complexos e com variabilidade entre os tempos de processamento.

O *Decentralized Reactive Kanban* (DRK) foi criado por Takahashi e Nakamura (1999). Seguindo a mesma direção de vários outros sistemas, o DRK foi proposto como uma alternativa de SCO que tem como objetivo central garantir um bom desempenho de sistemas produtivos de múltiplos estágios e mudanças instáveis na demanda por produtos. A proposta do DRK é controlar independentemente os estoques de cada etapa do processo produtivo e, com isso, além de responder efetivamente à demanda, manter baixos os níveis médios de estoque em processo e reduzir a média do tempo de espera no atendimento aos pedidos.

Simulações foram realizadas para comparar o desempenho deste sistema com relação ao original, e os resultados encontrados apontam que o DRK reage com maior eficiência às mudanças da demanda ao mesmo tempo em que diminui os tempos de espera e mantém os estoques em níveis apropriados. Para mais informações, consultar Takahashi e Nakamura (1999), Takahashi e Nakamura (2002a) e Takahashi e Nakamura (2002b).

O *Extended Kanban Control System* (EKCS) foi proposto teoricamente por Dallery e Liberopoulos (2000), como uma alternativa aos sistemas *kanban* e estoque base, pois, segundo esses autores, nenhum destes SCOs alcançam constantemente um bom balanceamento entre os custos dos estoques e o nível de serviço ao consumidor. No EKCS a demanda por produtos acabados é decomposta para cada etapa produtiva e transferida imediatamente para os respectivos processos. Nota-se que a produção em cada etapa é comandada pela demanda, porém limitada pelos sinalizadores que funcionam também como autorização para transferência de peças para os estágios seguintes. Este sistema mantém as características de funcionamento original de puxar a produção globalmente, mesmo empurrando-a entre as estações intermediárias, controle descentralizado e limitação do nível máximo de. Assim, trata-se de um sistema que segue a lógica de funcionamento original e é flexível às flutuações da demanda e à variabilidade dos tempos de processamento. Mais informações sobre o EKCS são encontradas em Karaesmen e Dallery (2000), Dallery e Liberopoulos (2000) e Baynat *et al* (2002).

Os sistemas *Simultaneous Extended Kanban Control System* (SEKCS) e *Independent Extended Kanban Control System* (IEKCS), propostos por Chaouiya *et al* (2000), consistem em generalizações do EKCS para sistemas produtivos com operações de montagem, assim como no caso do SKCS e do IKCS em relação ao sistema *kanban*. A diferença essencial entre o IEKCS e o SEKCS é o momento da transferência das peças para a montagem; no IEKCS isto é feito de forma independente, ou seja, assim que cada sinalizador estiver disponível, e no SEKCS de forma dependente, ou seja, somente quando a operação de montagem possa realmente ser iniciada.

O *Adaptive Kanban* foi proposto teoricamente por Tardif e Maaseidvaag (2001) como uma alternativa de mecanismo de controle do fluxo de materiais em ambientes com demanda instável. Essencialmente, este sistema consiste na determinação de quando e quantos sinalizadores devem ser liberados para os processos em função dos níveis de estoque, dos pedidos e na demanda atual por produtos. Os pesquisadores apresentam, em seu artigo, ilustrações numéricas como exemplos e também fazem uma tentativa de otimizar os parâmetros de controle, e por fim, realizam simulações sob condições instáveis de demanda

para testar o desempenho da adaptação proposta. Os resultados encontrados apontaram redução de atrasos nas entregas em relação ao sistema *kanban* original. Esta adaptação é tão simples quanto o sistema original e as características de produção puxada, controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque (ainda que variável) são mantidas, resultando em um sistema que segue a lógica de funcionamento original.

Mohanty *et al* (2003) propuseram teoricamente o *Reconfigurable Kanban System* (RKS). O objetivo deste sistema é ser mais responsivo, por um lado, e com maior efetividade em termos de custos com estoques, por outro. A mudança fundamental do RKS em relação ao sistema *kanban* é sua “reconfigurabilidade” em termos de número total de sinalizadores. O RKS é demonstrado pelos autores em forma de um modelo de simulação onde a característica enfatizada é o controle do número de sinalizadores adicionais por meio do exame da diferença entre a demanda e a produção do produto correspondente. Não são apresentados muitos detalhes operacionais do seu funcionamento. De acordo com Mohanty *et al* (2003), após várias simulações em diversos cenários com condições diferentes, em relação ao sistema *kanban* original, o RKS apresenta melhores valores nos tempos para completar as ordens, no nível médio de estoques em processo e também com relação ao número médio de ordens acumuladas (em espera) no período.

O *Inventory Based System*, proposto teoricamente por Takahashi (2003), é uma opção ao sistema *kanban* para ambientes competitivos com altas variações na demanda. Os níveis de estoque dos produtos são monitorados para detectar variações de consumo inconstantes. A cada detecção de instabilidade é aumentado ou diminuído o número de sinalizadores em uma unidade, diferentemente de outros sistemas nos quais o número adicional de sinalizadores é também definido à priori. O autor utiliza simulações para testar o desempenho desta adaptação e conclui, dentre outras coisas, que o *inventory based system* é robusto em relação às mudanças na demanda, mantendo baixos os níveis de estoque ao mesmo tempo em que garante um tempo médio de espera pelo cumprimento das ordens relativamente baixo.

#### 5.4 Os Sistemas Que Não Seguem a Lógica de Funcionamento Original

Nesta seção são descritas e analisadas as variantes que não seguem a lógica de funcionamento original. Assim como na seção anterior, algumas descrições são mais detalhadas do que outras em consequência do excesso ou da falta de dados disponíveis.

Assim como na seção 5.3, algumas denominações dos sistemas a seguir foram atribuídas por este estudo, ou seja, não são nomes explicitamente concedidos pelos autores que os desenvolveram. Para cada adaptação é assinalada (ou são assinaladas) a(s) referência(s) de onde foram extraídas as informações, para facilitar a confrontação com os documentos originais.

Segundo Schonberger (1984), a maioria das empresas japonesas utiliza o sistema *kanban* H com somente o sinalizador de requisição, até mesmo como apenas uma etapa inicial de implantação do sistema com dupla sinalização, ou seja, utilizando-se apenas o sinalizador de requisição até que os funcionários fiquem habituados com o conceito e introduzindo-se o sinalizador de ordem de produção posteriormente. Nesta adaptação do sistema original, a programação ocorre em todos os estágios produtivos, e dessa forma, os sinalizadores de requisição desempenham apenas o papel de identificador e sinal para a remessa de mais contenedores cheios de peças. Este sistema é uma adaptação que não segue a lógica original, pois empurra a produção, possui controle centralizado, não limita o nível máximo dos estoques e utiliza apenas um tipo de sinalizador. Na literatura, este mesmo sistema não é claramente separado do sistema genuíno da Toyota, pois teve seu desenvolvimento na mesma época.

O *Fake Pull Control System* (FPCS) é uma adaptação prática do sistema *kanban* para uma determinada fábrica de pequeno volume e alto valor de produção retratada por Hendrick (1988). O FPCS é o sistema *kanban* original, porém com uma única diferença: nem sempre obedece todas as regras de seu funcionamento. Em outras palavras, este sistema não respeita um dos princípios essenciais do sistema *kanban*: parar de puxar a produção quando houver problemas. Esta maneira de operacionalizar o sistema *kanban* de forma a permitir que o sistema produtivo ora esteja puxando realmente os materiais ora esteja empurrando-os caracteriza o FPCS como um sistema que, sob as condições impróprias de funcionamento do sistema *kanban*, não segue a lógica original. Isto por que, nessas condições, os estoques não são limitados, a produção é empurrada e, em parte, os papéis dos

sinalizadores ficam comprometidos. Se determinadas condições, como por exemplo, produção parada por outro motivo que não seja problemas de qualidade e com o estoque de entrada cheio, estiverem presentes ou forem freqüentes no sistema produtivo, o FPCS trata-se, de fato, de um subterfúgio válido para não comprometer o desempenho produtivo.

O *Bar-Coding Kanban*, apresentado por meio de um estudo de caso em uma empresa canadense, foi proposto por Landry *et al* (1997). O principal impulsionador para a criação do *bar-coding kanban* foi a necessidade de melhorar a coordenação do fluxo de materiais comprados pela empresa. O sistema produtivo desta empresa é semi-repetitivo e sofre grande influência das flutuações da demanda. A solução representada por essa adaptação do sistema *kanban* utiliza basicamente um sistema de planejamento de necessidade de materiais (MRP) e sinalizadores com código de barras. Os principais benefícios associados ao uso deste sistema e evidenciados pelos autores são a redução do nível total de estoque, aumento da flexibilidade no suprimento, aumento da velocidade de resposta às flutuações da demanda. Nesta adaptação, apenas a características de limitação do nível máximo de estoque (durante cada período) é preservada em relação ao sistema *kanban* original. As condições superadas pelo uso do *bar-coding kanban* são a variabilidade da demanda e dos itens. Detalhes adicionais sobre o *bar-coding kanban* são encontrados em Landry *et al* (1997) e Chaussé *et al* (2000).

O *CPM Kanban System* foi aplicado na prática e apresentado em um artigo científico por Abdul-Nour *et al* (1998). Trata-se de uma abordagem de gerenciamento de projetos aplicada para implantar a produção *just in time* em uma organização produtiva de pequeno porte. A sigla CPM vem do conhecido método do caminho crítico (*Critical Path Method*). O sistema *kanban* é utilizado entre os departamentos produtivos e a montagem do produto final. Dentro desses departamentos a produção é empurrada. O sistema como um todo foi implantado utilizando-se um sistema CAD (*Computer Aided Design*) para projetar os produtos finais e utilizando-se a abordagem CPM para representar as tarefas a serem executadas pelos departamentos produtivos e identificação das atividades críticas. O *CPM Kanban System* é uma forma de adequar algumas das características do sistema *kanban* original de forma a garantir um melhor desempenho frente a condições de demanda altamente variável como nos sistemas de programação por contrato.

O MRP/ sfx - *Shop Floor Extension* é uma proposta de Nagendra e Das (1999). Trata-se de uma forma genérica da aplicação conjunta de dois SCO muito conhecidos, o MRP e o sistema *kanban*. O ponto central desta adaptação é a criação de dispositivos de aderência entre as atividades de planejamento do MRP e as atividades de execução no chão de fábrica

do sistema *kanban*. Esta adaptação preserva apenas a característica original do sistema *kanban* de limitação do nível máximo de estoque (em cada período). O MRP/sfx possui a vantagem de poder ser utilizado em sistemas produtivos complexos com demanda e tempos de processamento variáveis.

O *Virtual Kanban* (VK) é uma adaptação proposta teoricamente por Takeda *et al* (2000) com aplicação em sistemas produtivos de múltiplos estágios e produtos altamente customizados. Uma característica determinante desta adaptação é a transferência dos sinalizadores aos processos anteriores, que corresponde ao desempenho do processo gargalo, ou seja, quando uma máquina quebra, ou falta alguma matéria-prima nenhum sinalizador é transferido às estações precedentes. O desempenho do VK foi avaliado por meio de simulação, que apontou diminuição dos níveis de estoque, redução do *lead time* e aumento da confiabilidade nas datas de entrega. O VK é apropriado para situações de altíssima variedade de itens, demanda também altamente variável e fluxos produtivos complexos.

Os sistemas *Customized Type 5* e *Customized Type 10* são resultados de uma importante contribuição com respeito a um método de customizar sistemas puxados feita por Gaury, Kleijnen e Pierreval em 2001 (GAURY *et al*, 2001). O método de customização consiste basicamente em três passos: utilizar um modelo genérico que possui integradamente todos os tipos possíveis de controle puxado; simular a utilização deste modelo usando as características do sistema produtivo no qual se pretende implantar um SCO puxado customizado; e com base nos resultados da simulação, obter os valores desejados para os parâmetros. Embora a solução apresentada pelo sistema *Customized Type 5* seja muito particular, ainda assim se trata de uma adaptação da lógica de funcionamento do sistema *kanban*. Este sistema possui controle descentralizado e limitação do nível máximo de estoque em determinadas etapas, o que o remete a categoria de não seguidor da lógica original. Além disso, o *Customized Type 5* apresenta um desempenho efetivo frente a certo grau de variabilidade dos tempos de processamento e confiabilidade das máquinas. O *Customized Type 10* é o segundo tipo ótimo de sistema adaptado para uma configuração específica de sistema produtivo. Este sistema é outro exemplo de alta particularidade, porém que ainda sim se trata de uma adaptação da lógica de funcionamento do sistema *kanban*. O controle é descentralizado e há, em determinadas partes, limitação do nível máximo de estoque. Além disso, este sistema apresenta um desempenho efetivo frente a certo grau de variabilidade dos tempos de processamento e da confiabilidade das máquinas e a presença de um gargalo produtivo.

## 5.5 Classificação e Análise das Adaptações do Sistema *Kanban* na Literatura

Apresentadas as adaptações e os critérios que as diferenciam entre si, nesta seção é realizada uma agregação comparativa entre elas, assim como entre elas e o sistema original. Para a classificação de todas as adaptações analisadas neste trabalho, é proposta uma estrutura baseada nos principais parâmetros de identificação desses sistemas e nos elementos de diferenciação com relação ao sistema *kanban* original. Tais parâmetros e elementos são:

- a) Os anos de publicação dos artigos que apresentam as adaptações;
- b) O número de características de funcionamento original mantidas na adaptação;
- c) As diferenças de operacionalização em relação ao sistema *kanban* original;
- d) As vantagens em relação ao sistema *kanban* original;
- e) As desvantagens em relação ao sistema *kanban* original; e
- f) A forma como foi desenvolvida, aplicada ou testada a adaptação.

A seguir são detalhadas as categorias classificatórias anteriores e, a fim de facilitar a análise e a reunião dos sistemas em um único quadro comparativo, é proposta uma codificação dos atributos relacionados a esses parâmetros e elementos.

As características de funcionamento do sistema *kanban* original identificadas para esta dissertação são: puxar a produção, controle descentralizado, limitação do nível máximo de estoque e uso simultâneo dos sinalizadores como ordem de produção e como autorização para a transferência de materiais. Essas propriedades foram intensivamente tratadas nos capítulos anteriores. Dessa forma, a classificação quanto ao número de características de funcionamento original mantidas na adaptação pode assumir os seguintes valores:

- 0, caso nenhuma das características anteriores seja preservada na adaptação;
- 1, se apenas uma destas características estiver presente no sistema adaptado;
- 2, se forem duas; e
- 3, se forem três.

Para identificar não apenas quantas, mas quais são estas características, os seguintes códigos são utilizados:

- PP - puxar a produção;
- CD - controle descentralizado;

LE - limitação do nível máximo de estoque; e

US - uso simultâneo dos dois diferentes sinalizadores (ordem de produção e como autorização para a transferência de materiais).

Portanto, para o primeiro parâmetro de classificação tem-se uma codificação dupla, representada por um número inteiro de 0 a 3 e por letras como, por exemplo, 2 (PP,CD) – que representa uma adaptação que mantém duas das características de funcionamento original (2), sendo essas características puxar a produção (PP) e controlar a produção de forma descentralizada (CD).

A terceira categoria, as diferenças de operacionalização em relação ao sistema *kanban* original, diz respeito justamente às modificações realizadas nestes sistemas, ou seja, de que forma a adaptação modificou sua operação em relação ao sistema *kanban* original. Em outras palavras, se, por exemplo, a adaptação em questão utilizar além dos sinalizadores, informações relativas à demanda para ordenar a produção, então este sistema possui modificações com relação ao uso das informações. Foram identificadas durante a revisão dos sistemas adaptados em geral as seguintes classes, representadas por números:

(1) Níveis máximos de estoque variáveis: Os estoques, dentro de cada período ou durante o período produtivo, podem variar de tamanho. Ou seja, nos sistemas identificados pelo número 1 na coluna das diferenças de operacionalização, os valores máximos de estoque permitidos variam de acordo com a demanda para que não ocorram faltas;

(2) Alterações no uso dos sinalizadores: Neste caso, como existem mais de uma possibilidade de mudança na utilização dos sinalizadores, uma subdivisão dos números é utilizada:

(2.1) Alteração na regra de transferência dos sinalizadores: estes casos são caracterizados por utilizarem normas para a retirada e circulação dos sinalizadores diferentes da norma original;

(2.2) Atributos físicos dos sinalizadores: todos os sistemas que não utilizam sinalizadores na forma material como cartões, anéis, alfinetes etc. enquadram-se nesta categoria;

(2.3) Tipo de sinalizador: diz respeito aos sistemas que modificam o conceito original de utilizar dois sinalizadores simultaneamente, um para ordenar a produção dentro de um processo e outro para autorizar a transferência de materiais entre os processos;

(3) Coleta e ou utilização das informações: referem-se às adaptações que coletam e aplicam informações relativas, por exemplo, à demanda ou aos níveis de estoque de forma diferente do sistema original (o qual utiliza basicamente controle visual);



(4) Funcionamento: dentro deste tipo estão todos os sistemas que propõem alterações significativas no conceito original de funcionamento, tornando a adaptação consideravelmente diferente do sistema *kanban* proposto pela Toyota;

(5) Liberação dos materiais: refere-se às adaptações que modificam a forma e ou regra para liberar as peças, tanto dentro de cada operação como entre as operações.

As vantagens das adaptações em relação ao sistema original, a quarta categoria, estão expostas no quadro 5.2 a seguir, assim como os códigos da classificação.

**QUADRO 5.2 – Códigos e vantagens das adaptações na literatura.**

Código	Vantagem
A	Pode ser utilizado mesmo que as estações de trabalho estejam muito distantes entre si
B	Reduz a probabilidade de erros associados ao manuseio de sinalizadores (extravios, trocas)
C	Reduz o tempo de transferência e movimentação dos sinalizadores
D	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes competitivos com demanda instável
E	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com tempos de processamento variáveis
F	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com fluxo de materiais complexo
G	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com alta variedade de itens/produtos
H	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com operações automatizadas
I	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com máquinas de baixa confiabilidade (grande probabilidade de quebras)
J	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes produtivos com gargalos
K	Pode ser utilizado eficazmente em ambientes competitivos com grande número de fornecedores
L	Facilita a introdução de novos produtos
M	Permite uma melhor coordenação em sistemas produtivos com operações de montagem
N	Simplifica a utilização dos sinalizadores
O	Confere flexibilidade para mudanças nos períodos de controle (diário, semanal etc.)
Q	Permite um melhor balanceamento das cargas de trabalho
R	Evita interrupções na transferência das ordens de produção e ou transferência de materiais
S	Reduz os níveis médios de estoque
U	Aumenta a flexibilidade no suprimento das matérias-primas

Com relação às desvantagens, a quinta categoria, foram extraídas da revisão as seguintes classes:

AC – Aumento da complexidade de utilização;

AM – Aumento da movimentação de operários e de contenedores;

AT – Possibilidade de atrasos na transmissão das demandas;

ME – Aumento dos níveis médios de estoque.

É importante ressaltar que as avaliações concernentes à qualidade das adaptações, especialmente com relação às vantagens e desvantagens da utilização de cada uma delas, não é a intenção do presente capítulo. Todas as vantagens e desvantagens atribuídas às adaptações foram evidenciadas pelos próprios autores dos artigos. Dessa forma, pode haver viés nas vantagens e desvantagens apontadas neste capítulo. Não obstante, foram usadas essas conclusões dos autores baseando-se na cientificidade dos artigos, que foram publicados em periódicos internacionais reconhecidos.

Finalmente, a sexta e última categoria, ou seja, a forma como foi desenvolvida, aplicada ou testada a adaptação, está dividida em duas classes:

P – designa as adaptações que foram implantadas em algum sistema produtivo real e que foram descritas por meio dos artigos analisados neste capítulo;

T – diz respeito às adaptações criadas de forma teórica, por meio de modelos matemáticos ou simulação. Essas adaptações não foram implantadas em nenhum sistema produtivo.

O quadro 5.3 a seguir apresenta a classificação e condensa as principais informações relacionadas a cada adaptação estudada nas seções 5.3 e 5.4, onde “adaptação” é o nome do sistema adaptado. Os traços (-) representam: no campo ano, que a adaptação não possui data específica de criação; e no campo desvantagens, que estas não estão explícitas nos artigos.

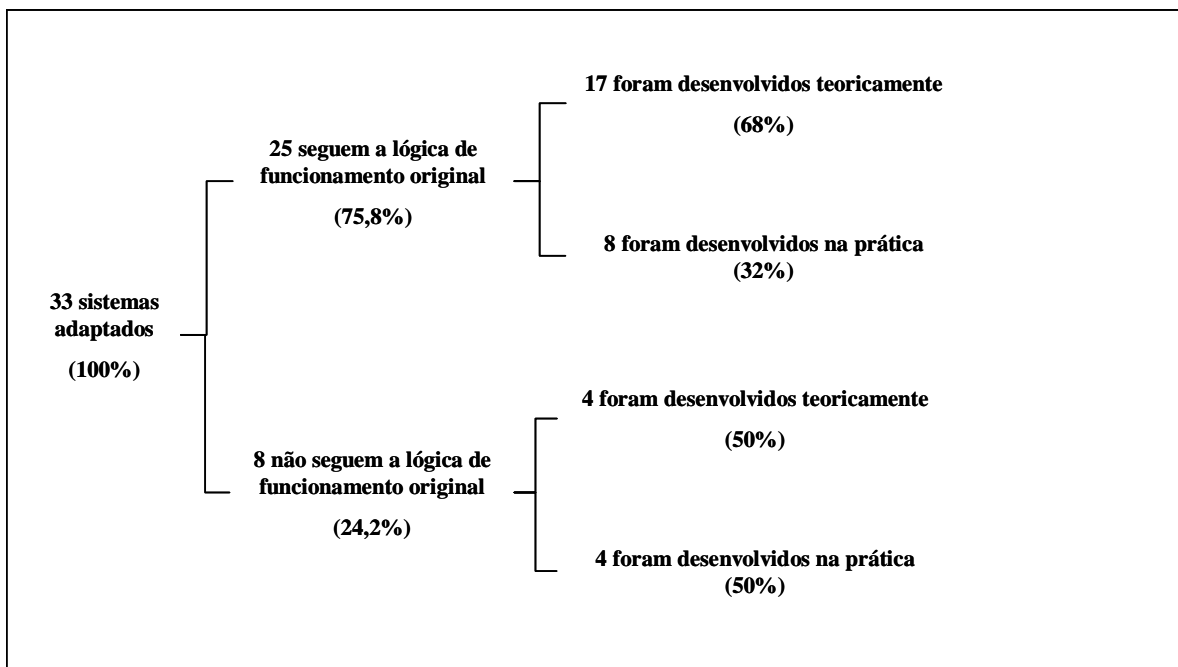
**QUADRO 5.3 – Todas as adaptações na literatura e suas principais características.**

Ano	Adaptação	Características de funcionamento original mantidas	Diferenças de operacionalização	Vantagens	Desvantagens	Desenvolvimento
-	Sistema <i>Kanban</i> CNE com Somente Sinalizador de Ordem de Produção	3 (PP, CD, LE)	2,3	B,C,N	-	P
-	Sistema <i>Kanban</i> H com Somente Sinalizador de Ordem de Produção	3 (PP, CD, LE)	2,3	B,C,N	-	P
-	<i>E-Kanban</i>	3 (PP, CD, LE)	2,2, 2,3, 3	A,B,C,H,K,L	-	P
-	Simultaneous <i>Kanban</i> Control System (SKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	M	AT	P
-	Independent <i>Kanban</i> Control System (IKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	M	-	P
1985	Periodic Pull System (PPS)	3 (CD,LE,US)	1, 2,2, 3	A,D,E,F,G,O	AC	T
1987	Dynamically Adjusting <i>Kanban</i>	3 (PP, CD, LE)	1, 2,3	D	AC	T
1988	Regenerative Pull Control System (RPCS)	3 (PP, LE, US)	1, 2,2, 3	E,F,G	AC	P
1988	Job-Shop <i>Kanban</i>	3 (PP, CD, LE)	2,3	D,E,F,G	-	P
1988	Minimal Blocking	3 (CD,LE,US)	1	D,E,I	AC	T
1989	Generalized <i>Kanban</i> Control System (GKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	D,E	AC	T
1989	Modified <i>Kanban</i> System (MKS)	3 (CD,LE,US)	2.1, 2,3	E,F,G,I,N	AM	P
1990	Auto-Adaptive <i>Kanban</i>	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,2, 2,3	D,E,F,G,H,Q	AC	T
1993	Concurrent Ordering System	3 (CD,LE,US)	2.1, 3	C,D,E,R	-	T
1996	Modified Concurrent Ordering System	3 (CD,LE,US)	2.1, 3	C,D,E,R	ME	T
1994	Generic <i>Kanban</i> System (GKS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	D, E	AT	T
1997	Flexible <i>Kanban</i> System (FKS)	3 (PP, CD,US)	1, 2,1, 3	D,E	AC	T
1998	Push-Pull Approach (PPA)	3 (CD, LE, US)	2.1, 4	E,F	AC	T
1998	Decentralized Reactive <i>Kanban</i> (DRK)	3 (PP,CD, US)	1, 3	C,D,S	AC	T
2000	Extended <i>Kanban</i> Control System (EKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	D,E	AC	T
2000	Simultaneous Extended <i>Kanban</i> Control System (SEKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	D,E,M	AC, AT	T
2000	Independent Extended <i>Kanban</i> Control System (IEKCS)	3 (PP, CD, LE)	2.1, 2,3	D,E,M	AC	T
2001	Adaptive <i>Kanban</i>	3 (PP, CD, LE)	1, 2,1, 2,3, 3, 5	C,D,S	-	T
2003	Reconfigurable <i>Kanban</i> System (RKS)	3 (PP,CD,US)	1	D,S,R	-	T
2003	Inventory Based System	3 (CD,LE,US)	1	D,S,R	-	T
-	Sistema <i>Kanban</i> H com Somente Sinalizador de Requisição	0	2.1, 2,3, 4	B,C,N	ME	P
1988	Fake Pull Control System (FPCS)	0	4	I,J	ME	P
1997	Bar-Coding <i>Kanban</i>	1 (LE)	1, 2,2, 2,3, 3	D,K,S,U	AC	P
1998	CPM <i>Kanban</i> System	1 (PP)	1, 2,3, 4	D,M	-	P
1999	MRP/ sfx - Shop Floor Extension	1 (LE)	1, 2,3, 3, 3	D,E,F	AC	T
2000	Virtual <i>Kanban</i> (VK)	2 (LE, US)	2.1, 2,3	D,E,G,S	-	T
2001	Customized Type 5	2 (CD,LE)	2.1, 2,3, 3, 4, 5	E,F,I	AC	T
2001	Customized Type 10	2 (CD,LE)	2.1, 2,3, 3, 4, 5	E,F,I,J	AC	T

Do exposto no quadro anterior extraem-se algumas conclusões. Por um lado, a maioria dos sistemas adaptados, 25 (75,8%), segue a lógica de funcionamento original, por outro lado apenas 8 (32%) destes sistemas que seguem a lógica de funcionamento original foram desenvolvidos na prática. Já no caso das adaptações que não seguem a lógica de funcionamento original, 8 (24,2%) do total, tem-se que 4 (50%) destes sistemas tiveram seu desenvolvimento na forma prática. Isto indica que existe uma notável dificuldade de se manter a maior parte das características de funcionamento original do sistema *kanban* ao implantá-lo em sistemas produtivos reais, ou seja, com maior complexidade. A grande

diferença entre a quantidade de propostas teóricas e a quantidade de propostas práticas indica ainda que o desenvolvimento dos sistemas adaptados no geral encontra-se numa fase inicial, ou seja, onde as primeiras considerações são apenas proposições teóricas que devem ser levadas em consideração para a geração das formas mais adequadas de uso. Em outras palavras, a transformação do uso do sistema *kanban* de forma adaptada às novas necessidades produtivas e competitivas e ou às condições desfavoráveis ao seu uso está em presente desenvolvimento.

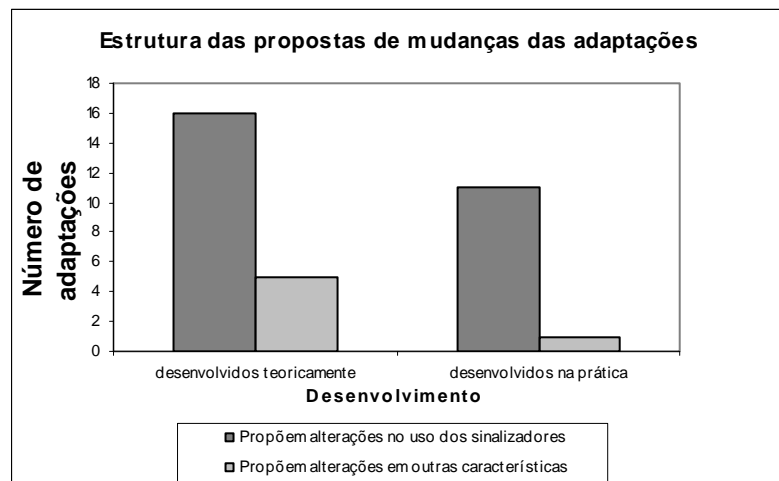
Além disso, ressalta-se aqui um ponto bastante discutido nesta dissertação: a falta de clareza com relação aos conceitos do sistema *kanban*. Uma vez que, mesmo para os pesquisadores, definir exatamente o que é este sistema não é uma tarefa trivial (BERKLEY, 1992; WHITE e PRYBUTOK, 2001; dentre outros), é provável que se encontre em qualquer empresa sistemas “chamados de *kanban*” que na verdade não o são. Ou seja, um sistema com a mesma denominação de *kanban*, porém que não possui nenhuma referência de suas características de funcionamento original, não se trata de uma adaptação que não segue a lógica original, mas sim de um erro conceitual. Este não é o caso das adaptações estudadas nesta dissertação. A figura 5.1 a seguir estrutura as informações anteriores.



**FIGURA 5.1 – Estrutura básica das características dos sistemas adaptados.**

Considerando-se apenas as adaptações que foram desenvolvidas teoricamente, tem-se que 16 delas, ou seja, 76,2% propuseram alterações na utilização dos sinalizadores

como principal meio de superar as ineficiências do sistema *kanban* original frente às condições desfavoráveis ao seu uso. Já para as adaptações que foram desenvolvidas na prática, 11 ou 91,7% delas utilizam mudanças na utilização dos sinalizadores como principal forma de compensar suas limitações. Isto pressupõe que, embora haja uma considerável diferença entre a quantidade de sistemas desenvolvidos teoricamente e desenvolvidos na prática, há um alinhamento entre as propostas teóricas de mudança e as adaptações ocorridas efetivamente na prática. Mais precisamente, o caminho que as empresas estão seguindo em direção à adaptação do sistema *kanban* às suas necessidades produtivas e competitivas é semelhante ao que os pesquisadores assimilam que seja necessário para que estas mudanças efetivamente funcionem. Essas mudanças são fundamentalmente na utilização dos sinalizadores, representando 81,8% do total, onde as principais transformações estabelecem meios de manipular sistematicamente o número ou quantidade de sinalizadores. A figura 5.2 a seguir delinea estas informações.



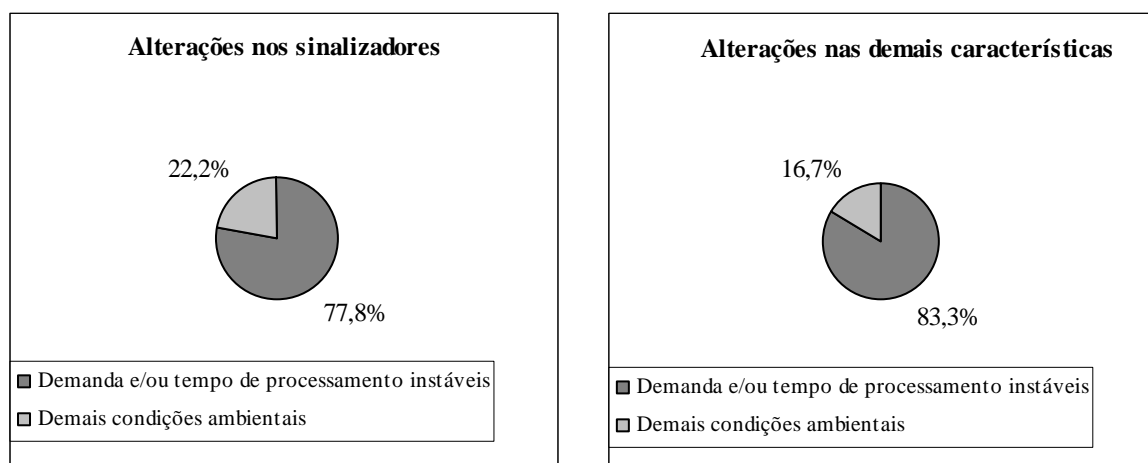
**FIGURA 5.2 – Estrutura das propostas de mudanças das adaptações.**

Como visto no capítulo 4, as alterações que vêm ocorrendo no ambiente competitivo industrial refletem de forma desfavorável a utilização do sistema *kanban* original por criar, dentre outras coisas, a necessidade de grande variedade de itens, dificuldades para padronização das operações, instabilidade nos tempos de processamento e nas demandas. Dessa forma, diante dos critérios propostos por este trabalho, dentre as vantagens oferecidas pelas adaptações, as que mais auxiliam as empresas a tratar o presente ambiente competitivo são a utilização eficaz em ambientes competitivos com demanda instável, em ambientes produtivos com tempos de processamento variáveis, em ambientes produtivos com alta variedade de itens/produtos e facilitação da introdução de novos produtos (códigos D, E, G e

L do quadro 5.2, respectivamente). Portanto, por apresentarem a maioria dessas vantagens (ver quadro 5.3) e, dessa forma, serem sistemas que exibem um maior potencial de aplicação no ambiente competitivo atual, destaca-se a importância das seguintes adaptações: PPS, RPCS, *Job-Shop Kanban*, MKS, *Auto-Adaptive Kanban*, MRP/sfx e VK. Nestes sistemas, têm-se como desvantagens apenas o aumento da complexidade, para o PPS, RPCS, *Auto-Adaptive Kanban* e MRP/sfx, e o aumento da movimentação de materiais e operadores para o MKS. O *Job-Shop Kanban* e o VK não apresentam nenhuma desvantagem evidenciada pelos criadores, em relação ao sistema *kanban* original.

A única adaptação que apresenta explicitamente a vantagem de facilitar a introdução de novos produtos (L) é o *E-Kanban*, porém é teoricamente possível aplicar o *E-Kanban* de forma combinada com qualquer outra adaptação, usufruindo-se assim das vantagens de ambas as propostas.

Analisando os aspectos relacionados à situação ambiental, ou seja, as condições competitivas e produtivas nas quais a empresa ou o modelo de simulação atuam, as informações do quadro 5.3 revelam ainda que dentre as 27 adaptações que propõem alterações no uso dos sinalizadores, 21 delas, ou seja, 77,8% têm como objetivo principal tornar o sistema capaz de atuar em ambientes com demanda e ou tempos de processamento instáveis. Com relação aos sistemas adaptados restantes, que propõem alterações em outras características do sistema *kanban* original e que perfazem um total de 6, a porcentagem de indicações para os mesmos ambientes (com demandas e tempos de processamento instáveis) totaliza 5 (83,3%), sendo, portanto, semelhantes. Os gráficos da figura 5.3 a seguir mostram estes valores.

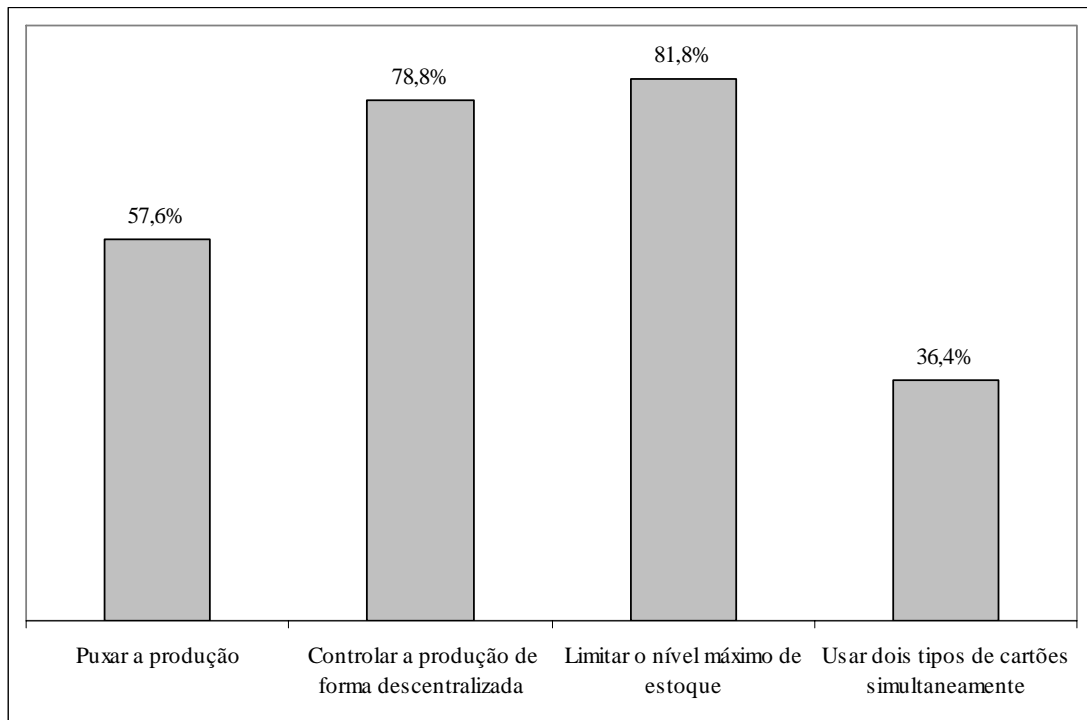


**FIGURA 5.3 – Relações entre as alterações propostas no sistema *kanban* original e as condições ambientais indicadas.**

Dentre os sistemas que foram desenvolvidos teoricamente, ou seja, 21 adaptações, todos foram desenvolvidos com o intuito de oferecer, dentre outras vantagens, um melhor desempenho relativamente ao sistema original frente a condições ambientais caracterizadas por demandas e tempos de processamento instáveis. Para os sistemas desenvolvidos na prática, ambientes com demandas e tempos de processamento instáveis correspondem a menos da metade do total. Dessa forma, concluí-se que as empresas não somente lidam com a dificuldade de adequar o sistema *kanban* original para sistemas produtivos com flutuações na demanda e nos tempos de processamento dos equipamentos, mas também com outras complicações como grandes distâncias entre as estações de trabalho, sistemas automatizados, fluxo complexo de materiais, baixa confiabilidade das máquinas, grande número de fornecedores, dentre outras. Porém, esses são casos bastante específicos onde, à priori, a utilização do sistema *kanban*, mesmo adaptado, não é adequada.

Em todos os casos estudados nesta dissertação, nenhum tratou especificamente da adaptação do sistema *kanban* para sistemas produtivos com altos tempos de troca ou *setup times*, característica que também se apresenta como empecilho ao uso do sistema original. Por um lado, como as ferramentas criadas para reduzir estes tempos estão bastante desenvolvidas, tendo-se como importante referência Shigeo Shingo (SHINGO, 1990), essa condição não é totalmente imutável, por outro lado essa dificuldade permanece como um campo aberto a novas pesquisas de adequação do sistema *kanban*.

A figura 5.4 a seguir mostra a relação entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as adaptações identificadas neste capítulo.



**FIGURA 5.4 – Relação entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as adaptações identificadas na revisão deste capítulo.**

Uma evidência significativa da figura 5.4 é a grande quantidade (81,8%) de adaptações que preserva a característica de limitar o nível máximo de estoque, que foi constatada no capítulo 4 como uma das características que mais contribuem para as vantagens da utilização do sistema *kanban* original.

As análises anteriores expõem tanto as vocações como as ineficiências do sistema *kanban* original, de forma que, por um lado, este sistema esboça um considerável conjunto de propriedades atrativas e, por outro, se apresenta impróprio às novas necessidades das organizações produtivas. Portanto, sua adequação à atualidade faz-se necessária à manutenção de seu emprego na manufatura. Além disso, e de outros comentários vistos ao longo desta seção, vale a pena destacar também algumas considerações finais importantes sobre o presente capítulo.

A simulação utilizando o sistema *kanban* possui grandes desafios ainda, em função da complexidade dos sistemas puxados, o que torna os modelos empregados pelos pesquisadores bastante limitados, desconsiderando, por exemplo, incertezas no abastecimento de matérias-primas.

Foram identificados ainda outros temas possíveis para trabalhos futuros. Em primeiro lugar, estudos comparativos pormenorizados entre as adaptações do sistema *kanban*



podem ser realizados. Estudos das desvantagens ainda não avaliadas de algumas adaptações (indicadas pelos traços (-) na coluna “desvantagens” do quadro 5.3) podem tornar mais claras as dificuldades de adaptação do sistema *kanban* às novas necessidades produtivas, além de evidenciar as limitações das próprias adaptações em questão. A aplicação na prática de adaptações somente desenvolvidas de forma teórica é um tema ainda com muitas oportunidades de exploração. Destacam-se aqui os sistemas PPS, *Auto-Adaptive Kanban*, MRP/sfx e VK, desenvolvidos apenas teoricamente, mas que apresentam um elevado potencial de aplicabilidade no atual ambiente competitivo, pelas suas vantagens e pela proposição do uso de tecnologias computacionais bastante recentes. Já os sistemas desenvolvidos e aplicados na prática e que também merecem destaque são o RPCS, o *Job-Shop Kanban* e o MKS, que apresentam vantagens notáveis para substituir o sistema *kanban* original frente às novas condições competitivas.

## 5.6 O Uso do Sistema *Kanban* Interno na Prática

Diante das conclusões anteriores, retiradas da literatura, acrescentam-se nesta seção os questionamentos e as implicações para a prática do que vêm ocorrendo em termos de transformação no uso do sistema *kanban* nas empresas industriais.

As questões que surgem das discussões realizadas ao longo deste capítulo são:

O que aconteceu com as empresas que implantaram o *kanban*? Continuam utilizando o sistema em sua forma original, realizaram adaptações ou deixaram de usá-lo?

Quais são as adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente nessas empresas?

Não estariam as empresas perdendo as vantagens associadas ao uso do sistema *kanban* utilizando essas adaptações?

Dessa forma, os objetivos do próximo capítulo deste trabalho são:

- Verificar o que aconteceu com algumas empresas industriais do Estado de São Paulo que implantaram o sistema, com relação ao uso do referido sistema;

- Identificar as adaptações existentes nessas empresas;

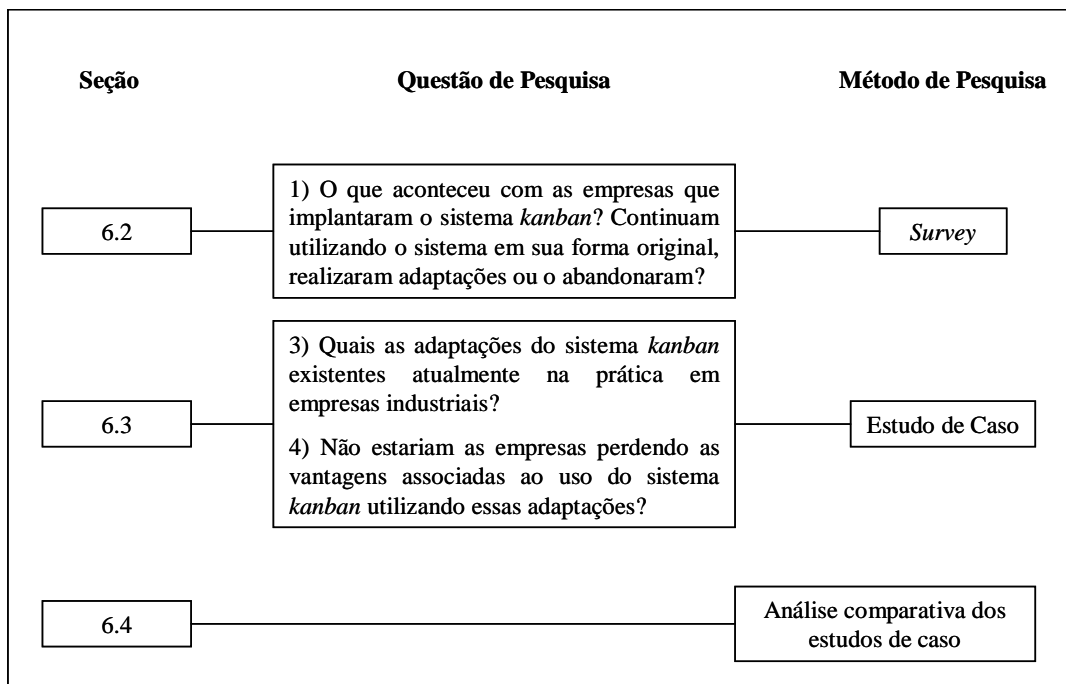
- Diagnosticar quais as vantagens e desvantagens das adaptações do sistema *kanban* realizadas pelas empresas estudadas, utilizando o procedimento proposto no capítulo 4.

## 6 PESQUISA DE CAMPO

### 6.1 Introdução

O objetivo geral deste capítulo é apresentar a pesquisa de campo realizada para investigar as questões 1, 3 e 4 de pesquisa.

Para tal, este capítulo está estruturado da seguinte forma: na seção 6.2 é apresentada a pesquisa do tipo *survey*, suas características principais, sua delimitação, os resultados obtidos e algumas discussões. A seção 6.3 expõe os estudos de caso das adaptações do sistema *kanban* realizados em cinco empresas do Estado de São Paulo. Nesta mesma seção, é empregado o procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais, proposto pela presente pesquisa, e com isso, são também analisadas as vantagens e desvantagens das adaptações. Por fim, na seção 6.4 é realizado um estudo comparativo entre as adaptações identificadas e estudadas na seção anterior 6.3. A figura 6.1 a seguir ilustra a relação entre as seções, as questões de pesquisa e o método de pesquisa utilizado.



**FIGURA 6.1 – Relação entre as seções, as questões de pesquisa e o método de pesquisa utilizado no capítulo 6.**

## 6.2 Survey

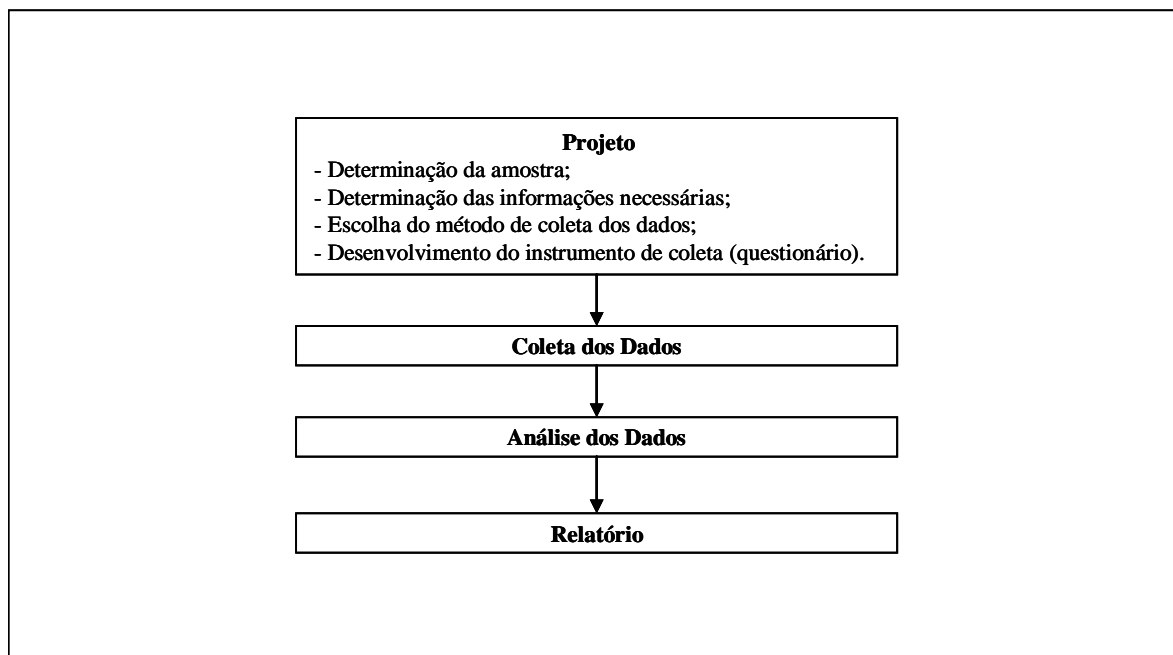
A principal finalidade desta seção é, portanto, da realização do *survey*, é explorar e descrever a utilização do sistema *kanban* em algumas empresas do Estado de São Paulo, além de identificar as adaptações que são estudadas nos estudos de caso.

Para Salomon (1991), a pesquisa exploratória ou descritiva busca definir melhor o problema, dentre outras formas, por meio da classificação dos fatos e variáveis. Neste trabalho, buscou-se descrever, por meio do *survey*, a utilização do sistema *kanban* estabelecendo:

- a) quantas empresas, de uma determinada amostra, continuam utilizando o sistema *kanban* no seu formato original?
- b) quantas empresas, da mesma amostra, estão utilizando o sistema *kanban* em um formato adaptado?
- c) quantas empresas, da mesma amostra, deixaram de utilizar o sistema *kanban*?
- d) quais os motivos do abandono do sistema *kanban* (para os casos identificados no item c)?

A pesquisa de avaliação (*survey*) consiste de questionários ou entrevistas estruturadas, cujo principal objetivo é examinar padrões e relacionamentos entre as variáveis (BRYMAN, 1989). Este procedimento também é utilizado para enumerar objetos. Ele permite estimar ou medir a partir de uma amostra ou população.

Levando-se em consideração que a pesquisa do tipo *survey* é um processo composto de sub-processos incluindo preparação, coleta de dados, análise elaboração dos relatórios (FORZA, 2002), esta parte da pesquisa foi estruturada segundo a ilustração da figura 6.2 a seguir, e baseada em Rea e Parker (2000), Forza (2002) e Freitas *et al* (2000).



**FIGURA 6.2 – Estrutura do *survey* nesta pesquisa.**

Na verdade, há uma fase essencial não descrita na figura 6.2, anterior aos procedimentos efetuados no *survey*, mas que fora realizada nos primeiros capítulos deste trabalho. Trata-se da criação da estrutura teórica necessária para a condução da pesquisa de campo. As demais fases, ilustradas na figura 6.2, são descritas a seguir.

#### a) Projeto

A primeira fase do projeto consistiu na escolha da amostra para a aplicação do *survey*. Como mencionado no parágrafo anterior, com o estudo preliminar da literatura obteve-se o corpo teórico desta pesquisa. Mais do que isso, a partir desta pesquisa teórico-conceitual realizada nos capítulos 2, 3, 4 e 5 desta dissertação, elaboraram-se as questões de pesquisa. Paralelamente à elaboração dessas questões de pesquisa a partir da literatura, uma referência bibliográfica assumiu uma expressiva importância, ao expor claramente a existência de trinta empresas industriais no Estado de São Paulo que iniciaram a implantação do sistema *kanban* no início da década de noventa (CÔRTEZ, 1993). Para a presente pesquisa, o interesse neste estudo derivou-se da possibilidade de utilizar a mesma amostra de empresas, uma vez que um dos objetivos, na presente pesquisa, é avaliar a transformação do uso do sistema *kanban*. Por conseqüência, torna-se conveniente a utilização de uma amostra de empresas que demonstradamente implantaram o sistema *kanban* interno. Os nomes das empresas serão preservados neste trabalho.

Na segunda fase do projeto tratou-se da determinação das informações necessárias a serem coletadas das empresas que compõem a amostra selecionada na primeira fase. Tais informações foram determinadas a partir da primeira questão de pesquisa desta dissertação: o que aconteceu com as empresas que implantaram o sistema *kanban*? Continuam utilizando o sistema em sua forma original, realizaram adaptações ou o abandonaram? A partir destas indagações e das análises realizadas nos capítulos 2, 3, 4 e 5, elaborou-se uma listagem das principais informações a serem obtidas por meio da aplicação do *survey*:

- a) Se a empresa continua utilizando o sistema *kanban*; e em caso afirmativo,
- b) Se o sistema empregado pela empresa usa simultaneamente dois sinalizadores diferentes, um como ordem de produção e outro como autorização de transferência de materiais;
- c) Se o sistema empregado pela empresa possui controle descentralizado;
- d) Se o sistema empregado pela empresa puxa a produção;
- e) Se o sistema empregado pela empresa limita o nível máximo de estoque.

Estas informações revelam, em primeiro lugar, se o sistema *kanban* continua sendo usado ou foi abandonado pelas empresas industriais. Em segundo, indicam se o sistema em uso atualmente nessas empresas realmente trata-se do sistema *kanban* original ou se é uma adaptação. Isso porque os itens *b*, *c*, *d* e *e*, acima, refletem as quatro características propostas por esta pesquisa como genuinamente associadas ao funcionamento do sistema *kanban* original. Dessa forma, o *survey* cumpre seus dois propósitos na pesquisa: estabelecer quantas, dentre as trinta empresas, deixaram de utilizar o sistema e as causas do abandono do sistema, sendo, portanto, neste caso de cunho explanatório; e identificar e familiarizar-se com os casos de adaptação do sistema *kanban*, buscando as possibilidades de interesse para os estudos de caso. Além disso, para o estabelecimento dessa segunda parte das informações procurou-se manter os mesmos procedimentos realizados no capítulo cinco desta dissertação, com relação às adaptações do sistema *kanban* na literatura. Portanto, permitindo que sejam feitas posteriores comparações e confrontos com os resultados obtidos na literatura.

A terceira fase do projeto tratou da escolha do método de coleta dos dados, uma vez já identificadas as informações necessárias na segunda fase.

Para Rea e Parker (2000) as informações deste tipo de pesquisa podem ser coletadas por meio de qualquer um dos seguintes métodos:

- a) Pelo correio: disseminando-se questionários impressos a uma amostra pré-selecionada que deve preenchê-los sozinhos e devolver ao pesquisador, também pelo correio;

b) Por telefone: as vantagens são coleta rápida de dados, custo inferior relativamente a pesquisa pessoal, garantia de que as instruções são seguidas. As desvantagens são menor controle, menor credibilidade e não possibilidade do uso de materiais visuais;

c) Entrevistas pessoais: solicitação das informações diretamente dos entrevistados de forma pessoal e presencial. As vantagens são flexibilidade para explicações e auxílios visuais, possibilidade de aplicação de questionários mais complexos, alto índice de respostas e garantia do seguimento das instruções. Já as desvantagens são alto custo, viés induzido pelo entrevistador, processo mais prolongado e complexo.

Para Forza (2002), na pesquisa do tipo *survey*, os dados podem ser coletados de várias formas diferentes, sendo os principais as entrevistas e os questionários. As entrevistas podem ser realizadas pessoalmente ou por telefone, com perguntas estruturadas ou não-estruturadas. Já os questionários podem ser administrados pessoalmente, por telefone ou então por envio de correspondências. Na escolha do método de coleta dos dados, deve-se avaliar seu custo, o tempo necessário e a garantia da taxa de respostas aceitável (FREITAS *et al*, 2000). Levando-se em consideração os objetivos a serem alcançados pelo *survey*, optou-se pela utilização:

- De questionários estruturados, com o intuito de avaliar objetivamente e sistematicamente as respostas, e permitir maior agilidade e rapidez para a avaliação dos resultados;

- De entrevistas por telefone, para agilizar a coleta dos dados, possuir um baixo custo, assegurar que as instruções do questionário estão sendo seguidas e assegurar alta taxa de respostas.

As desvantagens da escolha deste último método são o menor controle da situação e menor credibilidade (relativamente à entrevista pessoal) e não possibilidade do uso de elementos visuais (tabelas, figuras etc.) no questionário. Porém, para o caso desta pesquisa estas desvantagens são atenuadas devido à baixa complexidade do questionário aplicado.

Por fim, a quarta e última fase do projeto consistiu na elaboração do instrumento de coleta, ou seja, o questionário estruturado. Tomou-se como base para a elaboração das perguntas as informações determinadas na primeira fase e os apontamentos de Rea e Parker (2000), Forza (2002) e Gil (1991):

- Para as questões fechadas, as alternativas devem possuir todas as possíveis respostas;

- Somente questões relacionadas ao problema devem ser colocadas;

- Deve-se considerar a implicação das perguntas para com a análise dos dados;

- Não se deve constranger os respondentes com perguntas incômodas;
- As perguntas devem ser redigidas de forma clara;
- O número de perguntas deve ser limitado;
- A seqüência das perguntas deve ser considerada e não deve induzir às respostas.

O questionário elaborado encontra-se no Apêndice A desta dissertação. Uma breve descrição das questões e suas intenções encontra-se no apêndice B. Optou-se para a elaboração do questionário por um misto de perguntas abertas e fechadas. As perguntas fechadas propiciam respostas uniformes e, conseqüentemente, a possibilidade de comparações, maior facilidade de transferências dos dados, e torna a pergunta mais clara. As desvantagens são: incerteza da melhor resposta por parte do respondente e as distinções sutis entre os respondentes não podem ser detectadas. Para o contorno destas dificuldades, procurou-se criar sempre um espaço para observações e comentários para que, quando os respondentes fizessem colocações relevantes, o pesquisador pudesse anotá-las à frente das respostas.

Já as perguntas abertas têm como desvantagem principal a provocação de certo volume de informações irrelevantes e repetidas. Além disso, como argumentam Rea e Parker (2000), a resposta satisfatória a uma pergunta aberta requer maior aptidão de comunicação por parte do respondente. As perguntas abertas tinham como finalidade principal permitir que o respondente desse indícios ao pesquisador de que o sistema *kanban* da empresa estava sendo utilizado de forma modificada, quando fosse o caso. Pois, as perguntas fechadas impedem que pequenos detalhes do funcionamento do SCO da empresa sejam evidenciados. Para os casos em que a empresa não utilizasse mais o sistema *kanban*, uma pergunta aberta para o esclarecimento dos motivos do abandono também foi elaborada. Sempre que possível, foram introduzidas também alternativas do tipo “outro, especificar: \_\_\_\_\_”, que representam um meio termo entre a pergunta aberta e a pergunta fechada.

#### b) Coleta dos dados

Forza (2002) salienta algumas regras para a coleta dos dados durante a aplicação dos questionários: cortesia, uma introdução apropriada, utilização de uma linguagem consistente com o nível de entendimento dos respondentes. Rea e Parker (2000) ainda acrescentam que se deve:

- Informar aos respondentes a respeito da finalidade do estudo;
- Deixar claro a confidencialidade e a segurança das informações passadas;
- Se possível, informar a duração aproximada da aplicação do questionário.



Todas essas regras foram seguidas para a realização dos telefonemas, e estão presentes na própria introdução e no decorrer das perguntas do questionário. Não foi realizado um pré-teste do questionário, como sugere GIL (1991), para o refinamento do instrumento. Isso se justifica pela constatação de que as questões do questionário são extremamente simples. Apenas atentou-se, ao longo da aplicação dos telefonemas, se alguma questão estava sendo mal interpretada ou falhando em obter as informações corretas.

Uma síntese das respostas do questionário é mostrada no quadro 6.1 a seguir. As respostas exatas do questionário estão no apêndice D, e uma explicação dessas respostas está no apêndice E.

**QUADRO 6.1 - Síntese das respostas do questionário do *survey*.**

Empresa	Continua usando o “sistema <i>kanban</i> ”?	Características de Funcionamento Original				Adaptação
		Usa dois tipos de sinalizadores simultaneamente?	Controla descentralizadamente a produção?	Puxa a produção?	Limita o nível máximo de estoque?	
01	sim	não	sim	sim	sim	Sim
02	sim	não	não	não	não	Sim
03	sim	não	sim	sim	sim	Sim
04	não	-	-	-	-	-
05	*	-	-	-	-	-
06	sim	não	não	não	não	Sim
07	sim	não	não	sim	sim	Sim
08	sim	não	sim	sim	não	Sim
09	sim	não	não	não	não	Sim
10	sim	não	não	não	sim	Sim
11	**	-	-	-	-	-
12	*	-	-	-	-	-
13	sim	não	não	sim	sim	Sim
14	não	-	-	-	-	-
15	sim	não	sim	sim	sim	Sim
16	sim	não	sim	sim	sim	Sim
17	sim	não	sim	não	sim	Sim
18	*	-	-	-	-	-
19	não	-	-	-	-	-
20	*	-	-	-	-	-
21	sim	não	não	sim	não	Sim
22	sim	não	sim	sim	sim	Sim
23	sim	não	sim	sim	sim	Sim
24	*	-	-	-	-	-
25	sim	não	sim	sim	sim	Sim
26	sim	não	sim	sim	não	Sim
27	*	-	-	-	-	-
28	sim	não	não	sim	não	Sim
29	não	-	-	-	-	-
30	não	-	-	-	-	-

Os asteriscos simples designam as empresas que não estão mais em operação. O asterisco duplo designa a empresa que teve sua fábrica desativada e que se fundiu a outra empresa também presente na amostra.

A última coluna do quadro 6.1 classifica o SCO da empresa como uma adaptação (sim) ou como o sistema *kanban* original (nã), da seguinte maneira: se ao menos uma das características de funcionamento original não estiver presente no sistema utilizado

pela empresa, então se trata de uma adaptação. Para que o sistema em uso pela empresa fosse considerado o sistema *kanban* original, seria preciso que todas as características estivessem presentes.

c) Análise dos dados

A análise desta seção segue os mesmos procedimentos realizados no capítulo 5, ou seja, partindo-se do pressuposto que mudanças foram realizadas no sistema *kanban* para adaptá-lo ou então houve um embasamento neste sistema para a criação de um novo, constata-se que o grau das mudanças realizadas constitui-se um critério fundamental de segregação dessas adaptações. A amplitude da alteração dessas características originais, portanto, é a orientadora da análise que será realizada nos sistemas adaptados para se determinar o que é chamado nas próximas seções de sistemas que seguem e sistemas que não seguem a lógica de funcionamento original. Isso é feito nesta dissertação da seguinte forma:

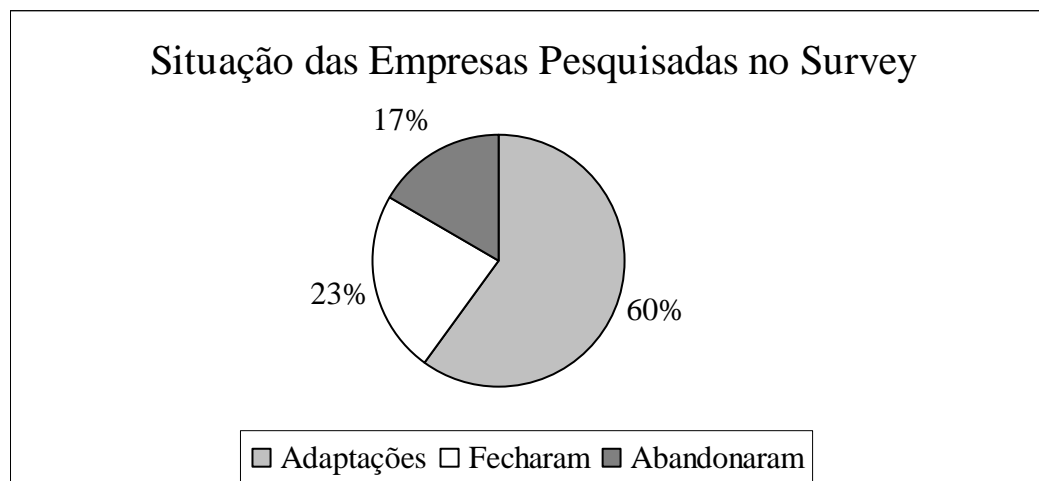
a) Os sistemas que possuem mais do que a metade das características genuinamente associadas ao sistema original, são considerados como seguidores da lógica de funcionamento original. As características, descritas anteriormente no capítulo 3 e reforçadas neste ponto, são: puxar a produção, controle descentralizado, limitação do nível máximo de estoque (ou seja, número limitado de sinalizadores ou contenedores) e uso dos sinalizadores como ordem de produção e como autorização de transferência de materiais simultaneamente;

b) Os sistemas que não possuem mais do que a metade das características genuinamente associadas ao sistema original, são considerados como não seguidores da lógica de funcionamento original.

A partir do exposto anteriormente e dos dados do quadro 6.1 conclui-se que:

- a) 18 empresas utilizam uma forma adaptada do sistema *kanban*;
- b) 7 empresas fecharam (sendo que destas 1 fundiu-se com outra);
- c) 5 empresas abandonaram o uso do sistema *kanban*;
- d) Nenhuma empresa utiliza o sistema *kanban* original.

O gráfico da figura 6.3 a seguir mostra a relação acima em porcentagem.



**FIGURA 6.3 – Situação das empresas pesquisadas no *survey*.**

Desconsiderando as empresas que fecharam, constata-se que a proporção de empresas que utilizam o sistema *kanban* adaptado passa para 78 por cento e o índice de empresas que abandonaram o uso do sistema *kanban* salta de 17 por cento para 22 por cento.

Na empresa 04 o sistema *kanban* deixou de ser usado há mais de cinco anos. O respondente não soube dizer o real motivo do abandono, apenas relatou que hoje a empresa utiliza como SCO o MRP.

Na empresa 14 o sistema *kanban* foi desativado há mais de um ano. Nesse caso, o respondente também não soube dizer os motivos da desativação, porém salientou que existe a intenção, por parte da empresa, de implantá-lo novamente.

Na empresa 19 o sistema *kanban* foi abandonado há mais de cinco anos. Segundo o respondente, a utilização do sistema *kanban* causou um grande aumento dos estoques, e houve dificuldades de integração entre as plantas produtivas.

A empresa 29 não usa o sistema *kanban* há mais de dez anos. Na verdade, segundo o respondente, mesmo após um treinamento dado pela IMAM (Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais), houve dificuldades na implantação do sistema em função do tipo de produção da empresa: por encomenda. Frente a essa dificuldade, a gerência da empresa decidiu não prosseguir com a implantação.

Por fim, na empresa 30, o sistema *kanban* deixou de ser empregado há mais de dez anos. Nesse caso, a empresa estava ainda no início da implantação. Segundo o respondente, o único produto que estava sendo controlado pelo sistema *kanban* deixou de ser produzido, e conseqüentemente o sistema *kanban* deixou de ser usado. Havia, contudo, a intenção de expandir a implantação do sistema *kanban* para outros produtos. A empresa 30,

segundo o respondente, pretende re-implantar o sistema, iniciando por um determinado produto, e ampliando para outros, seguindo estratégia semelhante à primeira tentativa de implantação.

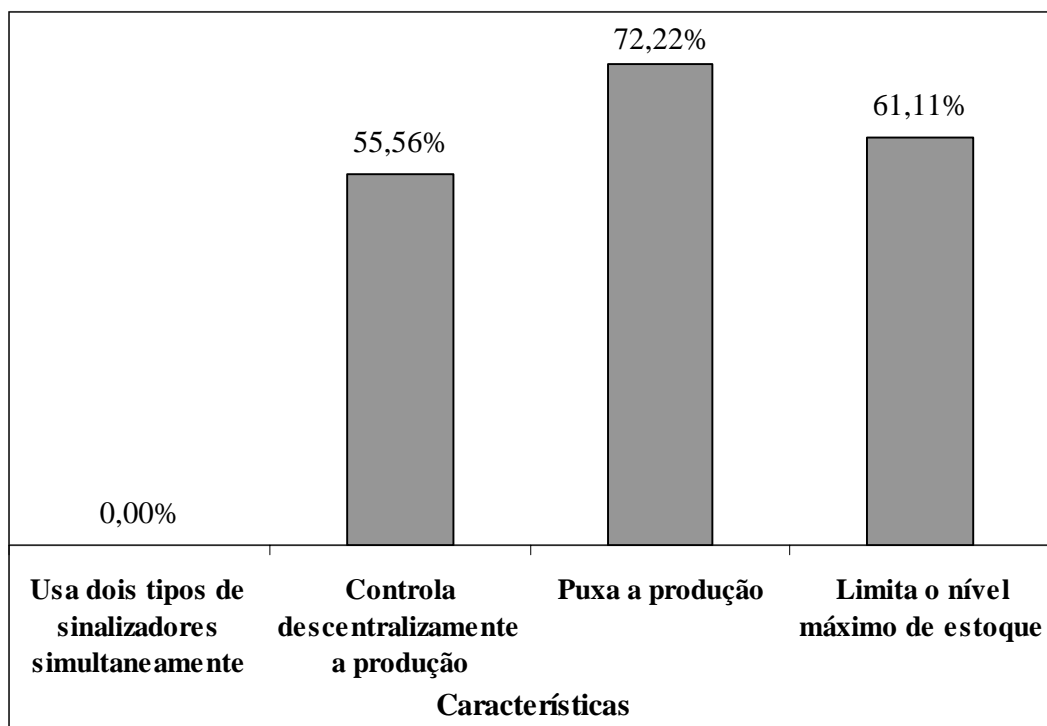
Por fim, é preciso deixar claro que todas as empresas da amostra, desde as empresas que abandonaram, até as empresas que utilizam uma forma adaptada, pretendiam implantar o sistema *kanban* original.

Com relação às características de funcionamento do sistema *kanban* original, dentre as 18 adaptações, tem-se que:

- a) 7 adaptações seguem a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original;
- b) 11 adaptações não seguem a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original;

Ou seja, ao contrário do que ocorre na literatura (onde a maioria das adaptações segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original), nas empresas analisadas no *survey*, a maioria das adaptações (11, ou 61%) não segue a lógica de funcionamento original.

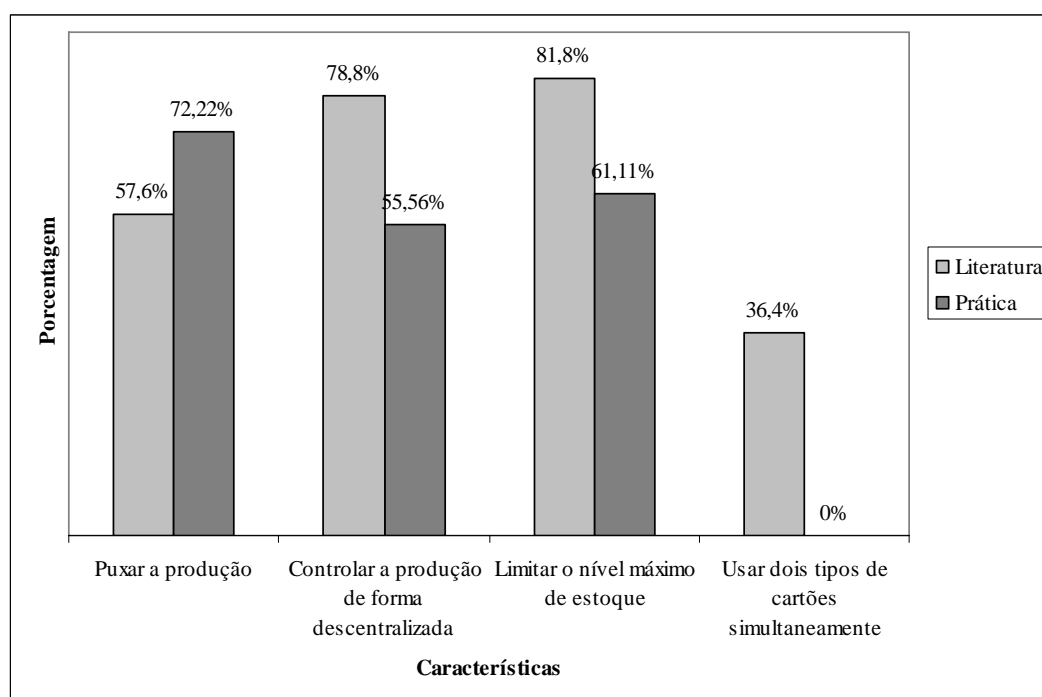
A figura 6.4 a seguir mostra a relação entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as adaptações identificadas no *survey*.



**FIGURA 6.4** – Relação entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as adaptações identificadas no *survey*.

Nota-se aqui uma particularidade bastante marcante das adaptações identificadas nas empresas: todas elas utilizam apenas um tipo de sinalizador, sendo a maioria (11) sinalizadores de ordem de produção. Neste ponto, há uma grande diferença em relação aos resultados encontrados no capítulo 5, para as adaptações identificadas na literatura, pois nestas últimas 36,4% das adaptações mantiveram a característica de utilizar dois tipos de sinalizadores simultaneamente. Por outro lado, foi constatado também que a característica que menos contribui para a obtenção das vantagens da utilização do sistema *kanban* original é justamente a característica de se utilizar dois tipos de sinalizador simultaneamente. Com relação ainda à utilização dos sinalizadores, constatou-se que 4 empresas utilizam adaptações eletrônicas, denominadas de *e-kanban* no capítulo 5 desta dissertação.

A figura 6.5 a seguir mostra os resultados comparativos entre as adaptações do capítulo 5 (adaptações identificadas na literatura) e as adaptações do presente capítulo (adaptações identificadas nas empresas por meio do *survey*).



**FIGURA 6.5 – Relação comparativa entre as características de funcionamento do sistema *kanban* original e as adaptações identificadas no capítulo 5 e no *survey*.**

Nota-se que puxar a produção é a única característica que as adaptações identificadas na prática preservam mais que as adaptações identificadas na literatura. Para as características de controlar a produção de forma descentralizada e limitar o nível máximo de estoque, as diferenças entre as características de funcionamento preservadas nas adaptações

identificadas na literatura e nas adaptações identificadas na prática não são consideravelmente diferentes.

#### d) Relatório

O relatório nada mais é do que a presente seção que apresenta a pesquisa de campo utilizando o método *survey*.

### 6.3 Estudos de Caso

As principais finalidades desta seção e, portanto, da realização dos estudos de caso neste trabalho, são:

- Descrever como são utilizados os sistemas adaptados;
- Esclarecer o porquê de serem utilizados de tal forma; e
- Ilustrar o uso do procedimento de avaliação, proposto por esta pesquisa, entre as características de funcionamento, as vantagens do uso e as condições do ambiente produtivo necessárias para a implantação do sistema *kanban* original; e
- Diagnosticar as vantagens e desvantagens das adaptações estudadas.

Para Lewis (1998), devido às freqüentes mudanças recentes na tecnologia e nos métodos gerenciais, os pesquisadores da área de administração da produção e de operações têm utilizado cada vez mais métodos de pesquisa como o estudo de caso.

O estudo de caso é uma forma de se fazer pesquisa social empírica, tendo como objetivo a investigação do fenômeno dentro de seu contexto. Para Yin (1990) os estudos de caso são apropriados para:

- Explicar ligações causais que são relativamente complexas para serem tratadas com experimentação ou com levantamento de dados;
- Descrever intervenções realizadas em um contexto de vida real;
- Avaliar uma intervenção em curso e modificá-la; e
- Exploração de situações nas quais não se tem clareza dos resultados.

De acordo com este mesmo autor, este tipo de pesquisa geralmente envolve o exame de um pequeno número de casos, não tendo por objetivo a generalização. O objetivo principal é criar relações e promover o entendimento de um fenômeno estudado. Este

procedimento é do tipo qualitativo e pode ser usado para responder às questões “como” e “por que” estes fenômenos ocorrem.

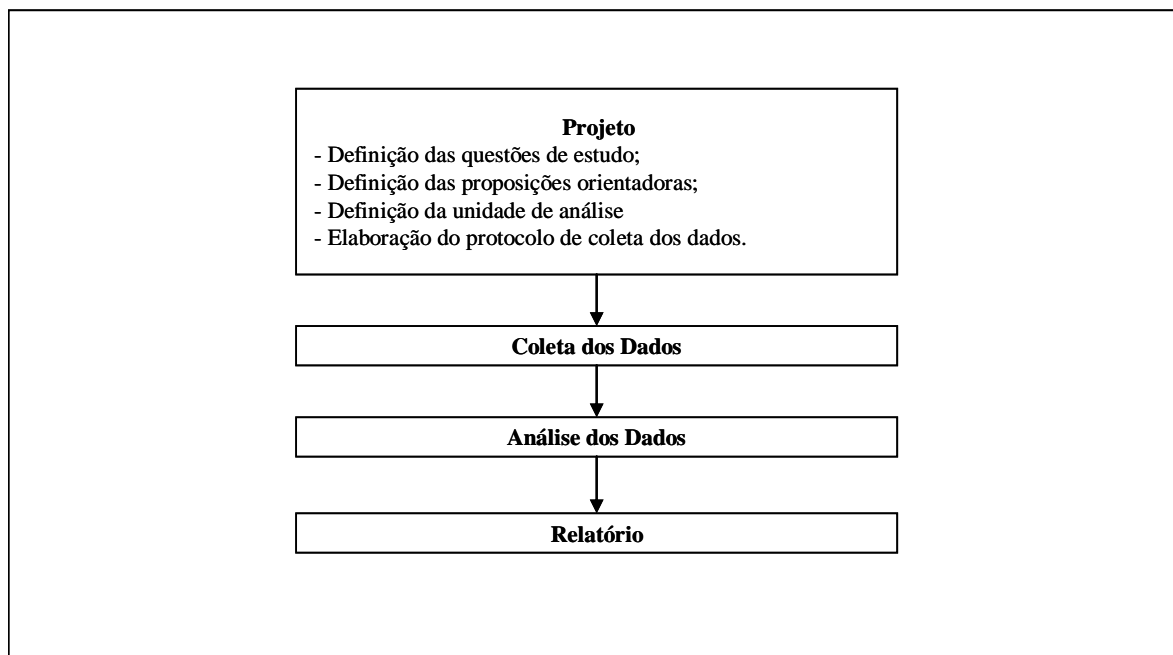
Para a presente pesquisa, optou-se pela utilização do estudo de caso como um meio de explorar as situações das empresas que utilizam o sistema *kanban* adaptado, onde as peculiaridades de cada caso (funcionamento de cada adaptação) são complexas e, além disso, não se tinha clareza dos resultados que seriam alcançados.

A não utilização do *survey* para o estudo detalhado das adaptações nesta fase se justifica pela dificuldade de se analisar cada um dos possíveis casos, que obviamente são muito singulares, dificultando a elaboração de um questionário que atinja a todos de forma igual. Além disso, não há um delineamento claro do fenômeno que será estudado e existem muitas variáveis de interesse, e apenas seria possível ilustrar o uso do procedimento de avaliação proposto por esta pesquisa utilizando os estudos de caso com instrumentos de coleta de dados.

As principais desvantagens dos estudos de caso são a dificuldade de generalização, dificuldade de estabelecer critérios rigorosos de seleção dos casos e natureza subjetiva do processo de mensuração. No presente estudo, não se pretende, porém generalizar os resultados; apenas, a partir das fontes primárias, entender o fenômeno por meio da perspectiva do objeto de estudo. Para contornar a natureza subjetiva da mensuração dos resultados, procurou-se adotar as medidas propostas por Yin (1990) e por Lazzarini (1995):

- Saber ouvir e ter postura neutra frente às respostas obtidas;
- Formular questões capazes de fornecer as informações desejadas;
- Criar um protocolo para a coleta dos dados;
- Separar as informações obtidas da análise;

A composição dos estudos de caso desta dissertação foi baseada nas proposições de Yin (1990). A estrutura dos estudos de caso está ilustrada na figura 6.6 a seguir.



**FIGURA 6.6 – Estrutura dos estudos de caso nesta pesquisa.**

Na verdade, assim como no caso do *survey*, há uma fase imprescindível não mostrada na figura 6.6 que fora realizada nos primeiros capítulos deste trabalho: a criação da estrutura teórica necessária para a condução da pesquisa de campo. As demais fases, ilustradas na figura 6.6, são apresentadas a seguir. O relatório elaborado nada mais é do que a presente seção que trata da pesquisa de campo utilizando o método estudo de caso.

a) Projeto

A primeira fase do projeto dos estudos de caso consistiu em definir as questões de pesquisa. Essas questões, na verdade, foram previamente determinadas na pesquisa teórico-conceitual realizada nos capítulos 2, 3, 4 e 5 desta dissertação. São as seguintes:

- Como são utilizados os sistemas adaptados;
- Por que são utilizados de tal forma;
- Quais são suas vantagens e desvantagens;

Dessa forma, as respostas para as questões acima propiciam à pesquisa o entendimento da forma de utilização de cada uma das adaptações. As vantagens e desvantagens são respondidas por meio das análises do pesquisador utilizando o procedimento proposto no capítulo 4.



Com relação às proposições orientadoras, tendo-se em mente que estas devem ajudar a centralizar a atenção sobre os dados essenciais (YIN, 1990), determinou-se que seriam examinados no escopo do estudo basicamente:

- Como a empresa planeja e controla a produção;
- Como a adaptação empregada pela empresa coordena o fluxo de materiais e informações;

Com as proposições anteriores, a definição da unidade de análise (terceira fase) fica claramente determinada: o setor ou área produtiva onde o sistema *kanban* é empregado.

A quarta e última fase do projeto dos estudos de caso tratou da elaboração do protocolo de coleta de dados. Para Yin (1990), a definição de procedimentos e regras gerais para a realização do estudo de caso utilizando um protocolo aumenta a confiabilidade da pesquisa, ou seja, permite que o estudo seja repetido obtendo-se resultados semelhantes. Isso garante, em parte, a validade do estudo de caso, estabelecendo as limitações do desenvolvimento da pesquisa. O protocolo desenvolvido para esta pesquisa é apresentado no apêndice C e possui duas partes: a primeira parte, além de conter uma introdução com a visão geral da pesquisa, traz um questionário não estruturado; a segunda parte traz um roteiro de observação estruturada. A segunda parte do protocolo também está subdividida de acordo com as necessidades de informações referentes às etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais.

O questionário não estruturado permite ao pesquisador desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada, sendo uma forma de explorar mais amplamente uma questão (LAKATOS e MARCONI, 2005). Uma vez que cada adaptação tem seus pormenores, as questões abertas neste questionário não estruturado mostram-se adequadas ao uso. Na observação estruturada ou sistemática o pesquisador sabe o que procura e o que carece de importância em determinada situação (LAKATOS e MARCONI, 2005). No caso desta pesquisa, uma lista de checagem foi desenvolvida para garantir que todos os pontos relevantes foram observados.

#### b) Coleta e Análise dos dados

Os dados coletados e as análises são apresentados nas subseções a seguir. Cada subseção corresponde a um caso, ou seja, a uma das empresas estudadas. Os números associados às empresas correspondem aos números representativos das respostas ao *survey*, no quadro 6.1. Cada estudo de caso é dividido em: a) características da empresa; b) funcionamento da adaptação; e c) análise das desvantagens associadas ao uso da adaptação.

No item (c) de cada estudo de caso será utilizado o procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 e, com isso, será respondida a quarta questão de pesquisa para cada empresa.

Cinco estudos de caso foram realizados. As empresas foram escolhidas em função da diversidade de suas características, para enriquecer os resultados:

- a) A empresa 01 atua no setor de eletrodomésticos;
- b) A empresa 02 atua no setor de equipamentos agrícolas;
- c) A empresa 06 atua no setor de linha branca;
- d) A empresa 09 atua no setor de materiais escolares ou de escrita; e
- e) A empresa 16 atua no setor de produção de pneus.

Mais estudos de caso poderiam ser realizados em função da existência de 18 empresas utilizando adaptações do sistema *kanban*, porém para algumas empresas, as respostas dadas ao questionário do *survey* apontam semelhanças das características de suas adaptações e, portanto, realizar estudos de caso nessas empresas apenas acrescentaria outras adaptações muito similares, o que não traria resultados diferentes dos obtidos com apenas cinco estudos.

### 6.3.1 Empresa 01

#### a) Características da empresa

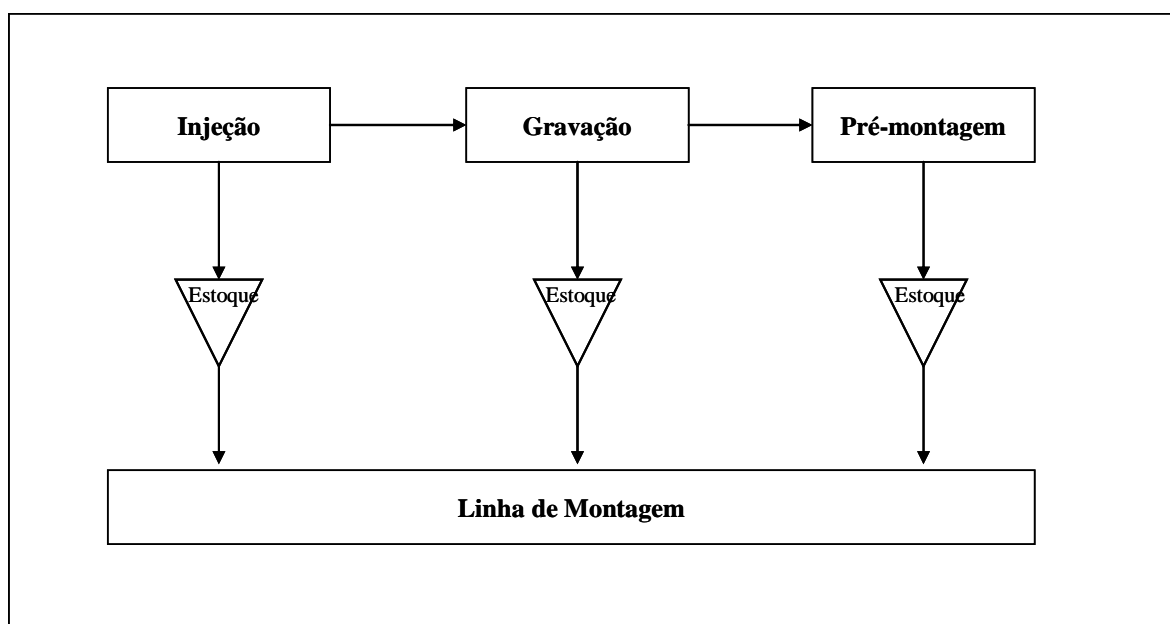
A empresa 01 nasceu em 1940, fabricando motores elétricos. Em 1947, a empresa diversificou sua produção, passando a fabricar também peças para automóveis e para eletrodomésticos. Pouco tempo depois começou a produzir os primeiros eletrodomésticos, tais como enceradeiras, aspiradores de pó, painéis de pressão e liquidificadores. Nos anos 60 e 70 foram construídas novas unidades de produção e um centro de armazenamento.

Atualmente, a Companhia possui quatro unidades fabris, das quais três estão localizadas na cidade de São Paulo e a quarta em Jordanésia, distante trinta quilômetros da capital paulista, assim como o depósito central da empresa.

Os produtos feitos na fábrica estudada são liquidificadores, ventiladores, batedeiras, lavadoras semi-automáticas e centrífugas de roupas. O setor produtivo analisado foi o de injeção de plásticos.

## b) Funcionamento da adaptação

O setor de injeção de plásticos produz três tipos de peças para ventiladores, três tipos para batedeiras, três tipos para lavadoras, um tipo de peça para centrífugas e sete tipos para ventiladores. A produção, baseada na previsão de vendas para um período de vinte e um dias, é para estoque, ou seja, se a previsão não se realizar, a produção é estocada. Basicamente, as operações necessárias para a produção das peças injetadas são: injeção, gravação, onde são estampadas as logomarcas da empresa e são identificados os modelos de cada peça, e pré-montagem. Nem todas as peças são estampadas, assim como nem todas as peças recebem uma pré-montagem. Todas as peças produzidas neste setor abastecem a linha de montagem dos produtos finais, que fica em um prédio ao lado deste setor. A figura 6.7, a seguir, ilustra esquematicamente o fluxo geral desse processo. A disposição dos processos é ilustrativa, não estando, portanto, de acordo com o *layout* da fábrica.



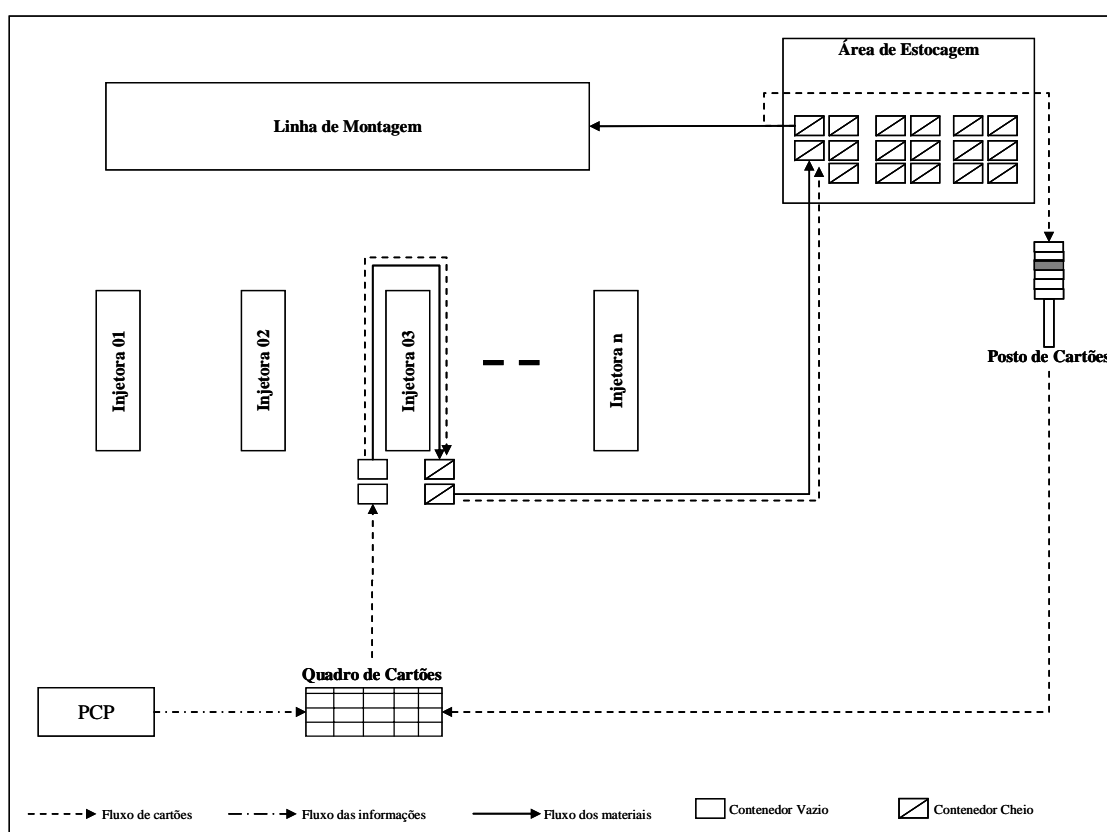
**FIGURA 6.7 – Fluxo geral entre a produção de componentes plásticos e montagem de eletrodomésticos da empresa 01.**

Baseando-se num plano de vendas (previsão) e nos estoques atuais, a empresa, utilizando o MRP, emite os programas de montagem para as linhas de montagem, uma programação da produção para as peças de menor volume de produção e ordens de compra de matérias-primas. Para as peças de maior volume de produção, é utilizada uma adaptação do sistema *kanban*.

Com base nas informações do sistema MRP, é determinada a quantidade de cartões de ordem de produção necessária para a fabricação dessas peças durante um período de vinte e um dias. Dessa forma, no início de cada período, a quantidade de cartões:

- É aumentada, se houver necessidade de produzir mais peças relativamente ao período anterior, desde que essa quantidade não exceda a capacidade máxima da fábrica; ou
- É diminuída, se a quantidade de peças requeridas para o próximo período for menor relativamente ao período anterior; ou
- É mantida, se a quantidade de peças necessárias for a mesma, ou então, se a quantidade necessária for maior relativamente ao período anterior, mas a fábrica estiver operando em sua capacidade máxima.

A figura 6.8 a seguir ilustra um esboço do fluxo de materiais e informações entre o setor de componentes plásticos e a linha de montagem de eletrodomésticos.



**FIGURA 6.8 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema *kanban* da empresa 01.**

O fluxo dos cartões é mostrado apenas para a injetora 3, para evitar o excesso de setas na figura 6.8. Para as demais injetoras, o fluxo é semelhante. A quantidade de injetoras na figura 6.8 também foi reduzida, pelos mesmos motivos.

Os cartões são retirados, um a um, do quadro e levados às injetoras pelos próprios operadores das máquinas. Ao lado das injetoras existem contenedores vazios a serem preenchidos com as peças. Assim que o lote de peças (determinado pelo cartão) é produzido, as peças juntamente com o cartão ficam dispostas próximas à injetora, aguardando o abastecedor levá-las a uma área de estocagem, próxima a linha de montagem.

Nesta área de estocagem, os cartões permanecem afixados nos lotes. Quando um lote é requisitado pela linha de montagem, o cartão referente a este lote é colocado em um posto de acúmulo cartões, ao lado da área de estocagem. Neste posto os cartões são colocados, um a um, de baixo para cima, formando uma fila vertical de cartões. Quando essa fila atinge uma demarcação vermelha, todos os cartões abaixo desta demarcação são levados de volta ao quadro de cartões, e o ciclo se repete novamente.

Este sistema está funcionando desta forma há dez meses. A implantação inicial do sistema *kanban*, iniciada em 1990, foi abandonada dois anos depois. Segundo o respondente, houve grandes dificuldades na primeira implantação em integrar as fábricas que estavam separadas. Recentemente, a unificação de três plantas em um só local resultou em falta de espaço físico para os estoques. Com isso, e para reduzir os estoques, a gerência decidiu implantar o “sistema *kanban*” novamente.

#### c) Análise das desvantagens da adaptação

Para a análise serão utilizadas as etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Etapas 1: Diante das exposições anteriores, concluí-se que:

- a) Esta adaptação puxa a produção;
- b) O controle é descentralizado;
- c) Há limitação do nível máximo de estoque durante cada período produtivo, embora essa quantidade máxima possa variar de período a período; e
- d) O sistema usa apenas um tipo de sinalizador (de ordem de produção);

Diante destas características, esta adaptação segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, pois apresenta 3 das quatro características originais.

Etapa 2: Observa-se que é pequena a variedade de itens produzidos no setor em questão, os tempos de processamento são estáveis, as operações são padronizadas e a demanda é relativamente estável, o que permitiria a utilização do sistema *kanban* original eficazmente. A única condição desfavorável à utilização do sistema *kanban* são os altos tempos de *setup* das máquinas injetoras. Contudo, existem várias máquinas sendo utilizadas em paralelo, o que reduz a quantidade de *setups* necessários durante o período produtivo.

Etapa 4: A empresa deve, portanto, somente implantar a utilização do cartão de requisição, para poder usufruir de todas as vantagens do sistema *kanban* original.

Portanto, de acordo com os resultados acima e das proposições do procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 desta dissertação, a adaptação utilizada pela empresa 01 possui como única desvantagem um controle ineficiente de informações. De fato essa desvantagem foi observada em campo pelo pesquisador, onde constatou-se que havia certa dificuldade relativa à determinação dos momentos de transferência dos materiais entre a linha de montagem, área de estocagem e injetoras.

### **6.3.2 Empresa 02**

#### a) Características da empresa

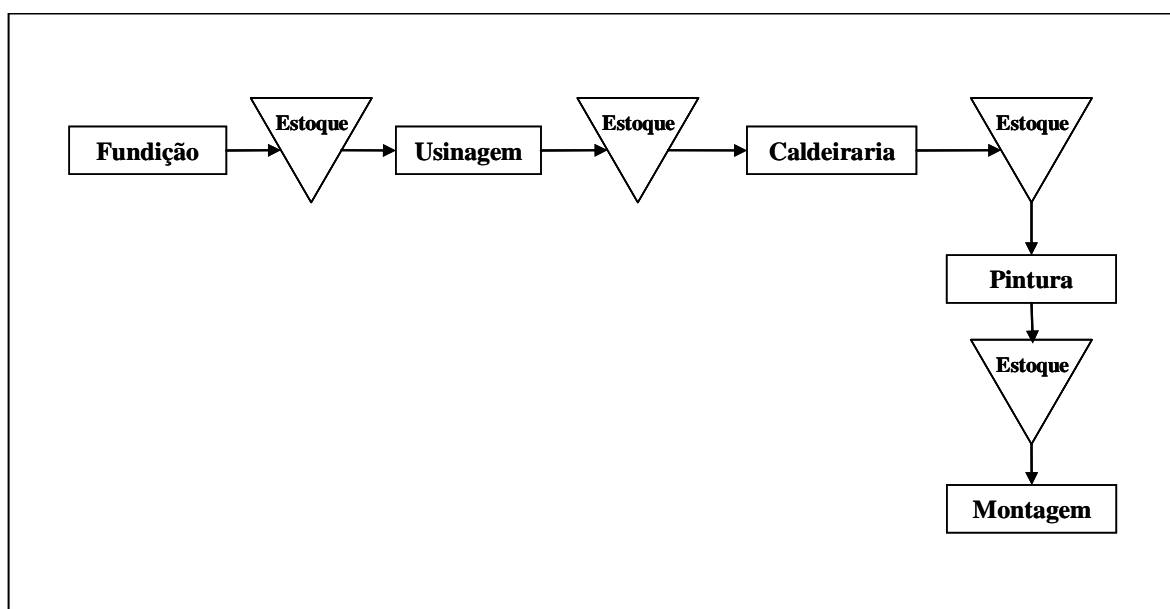
A empresa 02 é uma indústria brasileira com sede em Matão-SP, e que produz uma linha completa de implementos agrícolas. Esta empresa atua no mercado interno, para onde direciona 70% das vendas, realizadas em todos os estados brasileiros, com cerca de 2.000 revendas cadastradas, e no mercado externo, para onde destina os restantes 30% em mais de 70 países, por meio de representantes credenciados. Também direcionada à pós-venda e ao mercado de reposição, presta suporte técnico à rede de revendas e representantes.

Estruturada com modernos processos de fabricação como corte a *laser*, plasma submerso, solda robotizada e laboratórios metalográficos, os principais produtos fabricados na empresa 02 são arados, grades, semeadoras, roçadeiras, cultivadores, distribuidores de

calcário, subsoladores, escarificadores, terraceadores, plainas agrícolas e raspadeiras. O setor analisado foi o de montagem de implementos para plantio.

#### b) Funcionamento da adaptação

No setor de produção de implementos para plantio são fabricados 14 tipos ou famílias de produtos. A empresa produz esses produtos sob encomenda. Basicamente, as operações necessárias para a fabricação desses produtos são: fundição, usinagem, caldeiraria, pintura e montagem. Os itens comprados são armazenados em um almoxarifado e depois levados aos respectivos centros produtivos. A figura 6.9, a seguir, ilustra esquematicamente o fluxo geral desse processo. A disposição dos processos é ilustrativa, não estando, portanto, de acordo com o *layout* da fábrica.

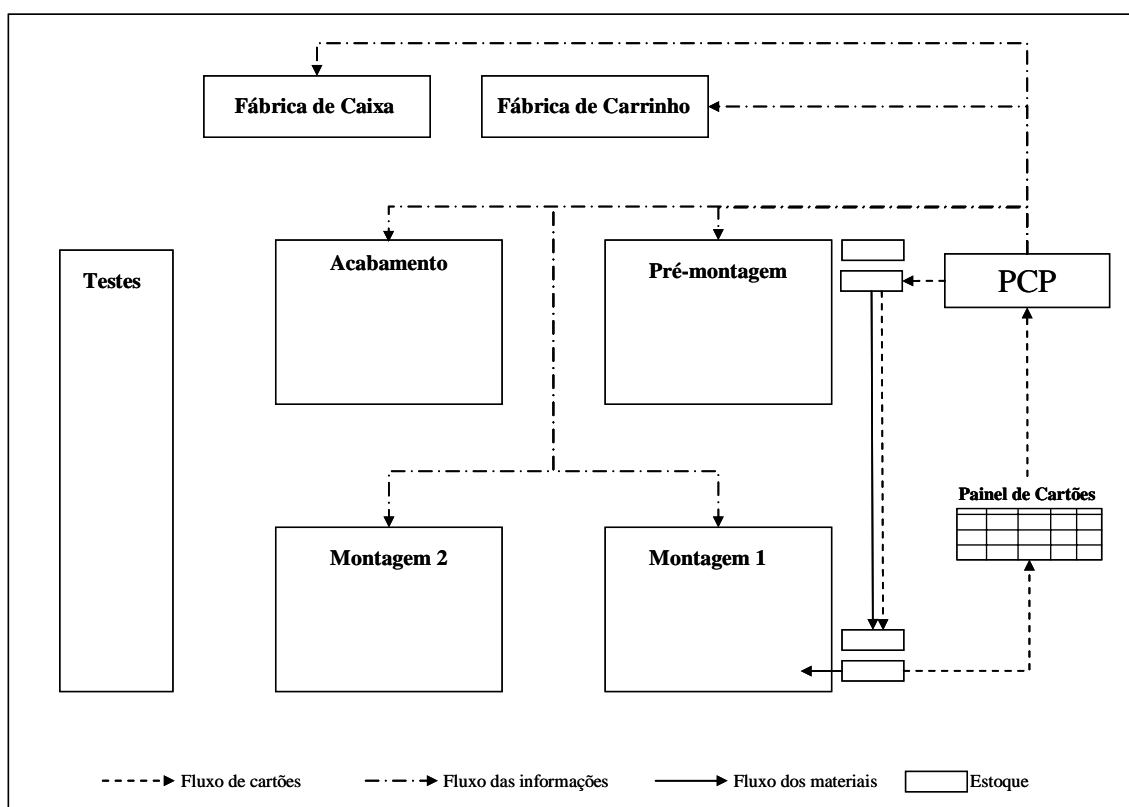


**FIGURA 6.9 – Fluxo geral do processo de fabricação de implementos agrícolas para plantio da empresa 02.**

Partindo dos pedidos confirmados pelos clientes da empresa, os programadores da produção, no departamento de PCP, convertem as necessidades de produtos finais para as necessidades dos itens componentes, produzidos e comprados. Esses programadores enviam ordens de compra para o departamento de compras da empresa e também ordens de produção para todos os “centros de custos” da empresa. Centro de custo é a denominação dada pela empresa para as diferentes etapas produtivas dentro de cada setor.

O setor de montagem de implementos para plantio possui seis centros de custo: pré-montagem, montagem 1, montagem 2, fábrica de carrinhos, fábrica de caixas e

acabamento. Além disso, ao final existe uma etapa de testes dos produtos acabados. Ao lado de cada centro de custos existe um estoque com os itens comprados e produzidos que são necessários para as suas operações. Neste estoque, para cada item existem três cartões sinalizadores: um cartão com a cor branca, outro com a cor amarela e o terceiro com a cor vermelha. Todos possuem as mesmas informações relativas às peças que representam. O cartão branco é utilizado unicamente para identificar as peças no estoque e nunca sai do seu lugar no contenedor. O cartão amarelo é retirado do contenedor e colocado no painel de cartões quando uma determinada quantidade de peças é consumida. A quantidade de peças consumida que determina a retirada do cartão varia de acordo com a peça, e é determinada pelo PCP. O cartão vermelho somente é retirado do contenedor e colocado no painel de cartões quando o centro produtivo está parado por falta das peças as quais o cartão representa. A figura 6.10 a seguir ilustra um esboço do fluxo de materiais e informações do setor de montagem de implementos para plantio.



**FIGURA 6.10 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema *kanban* da empresa 02.**

O fluxo dos cartões é mostrado apenas entre a montagem 1 e a pré-montagem, para evitar o excesso de setas na figura 6.10. Entre os demais centros de custo, o fluxo é idêntico.



O PCP, além de enviar ordens de produção para cada centro de custo, também coordena o abastecimento das peças nos estoques controlados pela adaptação do sistema *kanban*. A quantidade de peças a ser abastecida nos estoques é determinada pelo PCP, e antes de operar conforme a maneira ilustrada na figura 6.10, o painel de cartões situava-se dentro do departamento de PCP. Para os itens comprados, o fluxo dos materiais e dos cartões é semelhante, porém as peças circulam entre os centros de custo e o almoxarifado. Além disso, o painel de cartões para itens comprados é separado do painel de cartões para itens produzidos.

Recentemente a empresa implantou um *software* de planejamento das necessidades de materiais (MRP) para apoiar a programação da produção. Com a implantação deste novo sistema, a adaptação do sistema *kanban* está deixando de ser usada. A partir do uso do MRP, as necessidades de itens comprados e produzidos são convertidas em ordens de produção e compra. As ordens de produção são enviadas para cada centro de custo, e os centros de custo se coordenam para o abastecimento das peças produzidas e compradas.

#### c) Análise das desvantagens da adaptação

Para a análise serão utilizadas as etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Etapa 1: Diante das exposições anteriores, concluí-se que:

- a) Esta adaptação não puxa a produção. A produção é programada e empurrada;
- b) O controle é centralizado, por meio do departamento de PCP da empresa;
- c) Não há limitação do nível máximo de estoque, ou seja, a quantidade de itens nos contenedores é dimensionada de acordo com a produção prevista, embora o número de cartões seja fixo; e
- d) O sistema usa apenas um tipo de sinalizador (de autorização para o transporte de itens comprados e produzidos entre o ponto de estocagem e o ponto de uso);

Diante destas características, esta adaptação não segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, pois não apresenta nenhuma das quatro características originais. Mais do que isso, esta modificação está consideravelmente alterada, a ponto de se tornar apenas um sistema que utiliza cartões padronizados para evitar a falta de itens nos pontos de uso no setor de montagem.

Etapa 2: Observa-se que a empresa 02 não possui todas as condições favoráveis à utilização do sistema *kanban* original, pois apesar de possuir uma baixa variedade de itens, sua demanda é instável, os tempos de processamento são variáveis e as operações não são padronizadas.

Etapa 3: Com relação aos requisitos do ambiente competitivo da empresa 02, constata-se que as condições produtivas existentes na empresa são causadas sim pelos requisitos do ambiente competitivo e, além disso, são desfavoráveis à utilização do sistema *kanban*. Os requisitos do ambiente competitivo da empresa 2 são: necessidade de variedade, baixo custo e alta qualidade; necessidade de flexibilidade e mercado com crescentes exigências.

A empresa 02 deve, portanto, substituir seu SCO por outro sistema mais adequado para suas condições produtivas. De acordo com os resultados acima e das proposições do procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 desta dissertação, a adaptação utilizada pela empresa 02 possui como desvantagens:

- Controle ineficiente dos estágios produtivos;
- Dificuldade de identificação da raiz de problemas produtivos;
- Aumento dos níveis de estoque;
- Aumento dos *lead-times*;
- Aumento de refugos e retrabalhos;
- Não atribuição de *empowerment* aos operadores;
- Complexidade dos mecanismos de administração.

De fato algumas dessas desvantagens foram observadas em campo pelo pesquisador: constatou-se que havia altos níveis de estoque, complexidade dos mecanismos de administração e altos *lead-times*.

### **6.3.3 Empresa 06**

#### a) Características da empresa

A Empresa 06 é uma multinacional sueca e uma das maiores fabricantes mundiais de eletrodomésticos. O Grupo a qual ela pertence é formado por mais de 500 empresas, localizadas em 60 diferentes países. No Brasil, a empresa 06 está presente desde

1926. Os produtos principais são refrigeradores, *freezers*, lavadoras de roupas, secadoras, fogões, microondas, aspiradores de pó e condicionadores de ar.

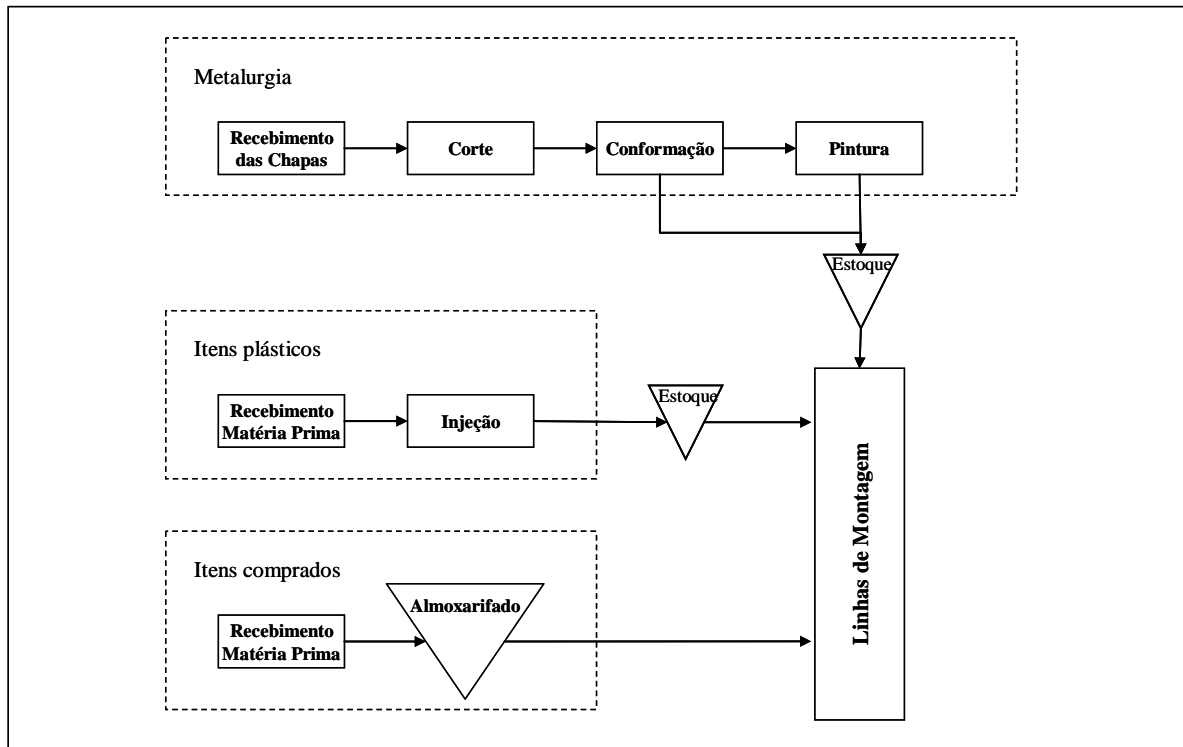
A fábrica visitada localiza-se em São Carlos, e o setor produtivo analisado foi de produção de lavadoras de roupas.

#### b) Funcionamento da adaptação

Há duas linhas de montagem de lavadoras de roupas na empresa 06. São produzidas 2 famílias de produtos, com cerca de 130 modelos diferentes. A diferença básica entre as duas famílias se dá pela maneira de colocar a roupa a ser lavada nas máquinas. Na família designada por *front-load* as roupas são colocadas pela frente. Já na família designada por *top-load*, as roupas são colocadas por cima. A produção é para estoque, e as linhas são abastecidas por itens comprados de terceiros e também por itens produzidos em outros setores da mesma planta produtiva.

Os dois setores que abastecem a linha de montagem das lavadoras são o setor de metalurgia e o setor de itens plásticos. Na metalurgia, chapas de aço são cortadas, conformadas e pintadas para serem utilizadas internamente e como revestimento externo das máquinas. Algumas chapas não são pintadas, indo da conformação direto para a linha. No setor de itens plásticos, a matéria-prima, composta basicamente por polímeros, é injetada e transformada em peças internas e externas das máquinas, sendo, no geral peças grandes. Todas as peças produzidas nesses dois setores, assim que ficam prontas são armazenadas próximas das linhas de montagem das máquinas de lavar. Já os itens comprados são armazenados em um almoxarifado, localizado em um prédio ao lado das linhas de montagem.

A figura 6.11 a seguir ilustra esquematicamente o fluxo geral do processo. A disposição dos processos é ilustrativa, não estando, portanto, de acordo com o *layout* da fábrica.



**FIGURA 6.11 – Fluxo geral do processo de fabricação de máquinas de lavar roupa da empresa 06.**

A empresa utiliza um *software* de planejamento das necessidades de materiais (MRP) que determina as necessidades dos itens. Essas necessidades são convertidas em: ordens de produção no setor de metalurgia e no setor de itens plásticos; ordens de compra para os itens comprados de terceiros; e ordens de montagem para as linhas de montagem. Dentro das linhas de montagem, cada “célula” recebe uma programação de três dias, que pode ser eventualmente mudada. O nome célula é utilizado entre aspas, pois é o nome dado pela empresa para designar sub-divisões de operações dentro de cada linha de montagem.

A adaptação do sistema *kanban* é utilizada para o controle do abastecimento de itens comprados nas linhas de montagem. A figura 6.12 a seguir ilustra um esboço do fluxo de materiais e informações de uma das linhas de montagem.



dimensionada de acordo com a produção diária prevista, suprimindo 1 hora de produção. Os contenedores são padronizados para cada item.

Em cada “célula” da linha de montagem há um operador chamado pela empresa de “facilitador” que fica responsável pela coordenação dos cartões. Quando todos os itens de um contenedor são consumidos na linha, o cartão referente a este item é retirado do contenedor e colocado no quadro de cartões. De hora em hora, os abastecedores da linha realizam uma trajetória pré-definida para a retirada dos cartões dos quadros e coleta dos contenedores vazios. Os cartões e os contenedores são levados até a ilha de abastecimento do almoxarifado. Neste ponto, os contenedores vazios são deixados. Os contenedores cheios com os itens especificados pelos cartões são retirados e levados juntamente com os cartões até o ponto de uso nas linhas de montagem. O ciclo se repete quando esses contenedores são esvaziados novamente.

Os quadros não possuem as faixas vermelha, amarela e verde. Não possuem também divisão para cada item. Há apenas uma divisão para os horários: são vinte e quatro subdivisões, onde cada uma representa uma hora do dia. A primeira subdivisão (primeiro quadrado da parte superior esquerda do quadro de cartões) se refere às 6 horas. A segunda subdivisão, abaixo da primeira, se refere às 7 horas, e assim por diante. Às 7 horas, por exemplo, o abastecedor passa pelo quadro e retira todos os cartões da subdivisão referente a esse horário.

### c) Análise das desvantagens da adaptação

Para a análise serão utilizadas as etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Etapa 1: Diante das exposições anteriores, concluí-se que:

- a) Esta adaptação não puxa a produção. A produção é programada e empurrada;
- b) O controle é centralizado, por meio do departamento de PCP da empresa;
- c) Não há limitação do nível máximo de estoque, ou seja, a quantidade de itens nos contenedores é dimensionada de acordo com a produção prevista, embora o número de cartões seja fixo; e
- d) O sistema usa apenas um tipo de sinalizador (de autorização para o transporte de itens comprados entre o ponto de estocagem e o ponto de uso);

Diante destas características, esta adaptação não segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, pois apresenta não apresenta nenhuma das quatro características originais. Mais do que isso, esta modificação está consideravelmente alterada, a ponto de se tornar apenas um sistema que utiliza cartões padronizados para evitar a falta de itens comprados nas linhas de montagem. O quadro, neste caso, serve apenas como ponto acúmulo e coleta de cartões, para facilitar as rotas dos transportadores.

Etapa 2: Observa-se que a empresa 06 possui todas as condições favoráveis à utilização do sistema *kanban* original, pois apresenta uma baixa variedade de itens, sua demanda é estável, os tempos de processamento são estáveis, as operações são padronizadas e os tempos de *setup* são baixos.

Etapa 4: A empresa 06 deve, portanto, alterar todas as características de sua adaptação a fim de tornar esse sistema idêntico ao sistema *kanban* original e, com isso, usufruir de todas as principais vantagens do sistema *kanban*.

De acordo com os resultados acima e das proposições do procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 desta dissertação, a adaptação utilizada pela empresa 06 possui como desvantagens:

- Controle ineficiente dos estágios produtivos;
- Dificuldade de identificação da raiz de problemas produtivos;
- Aumento dos níveis de estoque;
- Aumento dos *lead-times*;
- Aumento de refugos e retrabalhos;
- Não atribuição de *empowerment* aos operadores;
- Complexidade dos mecanismos de administração.

De fato algumas dessas desvantagens foram observadas em campo pelo pesquisador: constatou-se que havia altos níveis de estoque, complexidade dos mecanismos de administração, altos *lead-times*, não atribuição de *empowerment* aos operadores e complexidade dos mecanismos de administração.

### 6.3.4 Empresa 09

#### a) Características da empresa

A empresa 09 está localizada em São Carlos, interior de São Paulo, com duas plantas, e produz desde as embalagens, tintas, e boa parte da matéria prima usada em seus produtos. Trata-se de uma grande fabricante de materiais de escrita, presente em vários países e instalada no Brasil desde 1930. O setor visitado foi o de fabricação de lápis. Esta subsidiária do grupo possui três mil funcionários e produz 1,5 bilhão de lápis de madeira ao ano, o que a torna a líder mundial do setor, exportando para mais de 100 países, entre eles, Estado Unidos, Argentina, Chile, Peru, alguns países europeus, do Oriente Médio, África e Ásia.

A empresa lidera o mercado brasileiro de produtos escolares em várias categorias, comercializando cerca de 1500 itens.

Os números de produção também são grandes. No início das operações no Brasil, eram produzidos cerca de 172.800 unidades/ano, hoje alcança a marca de 1,5 bilhão de lápis grafite e coloridos por ano, mais uma grande variedade de outros produtos.

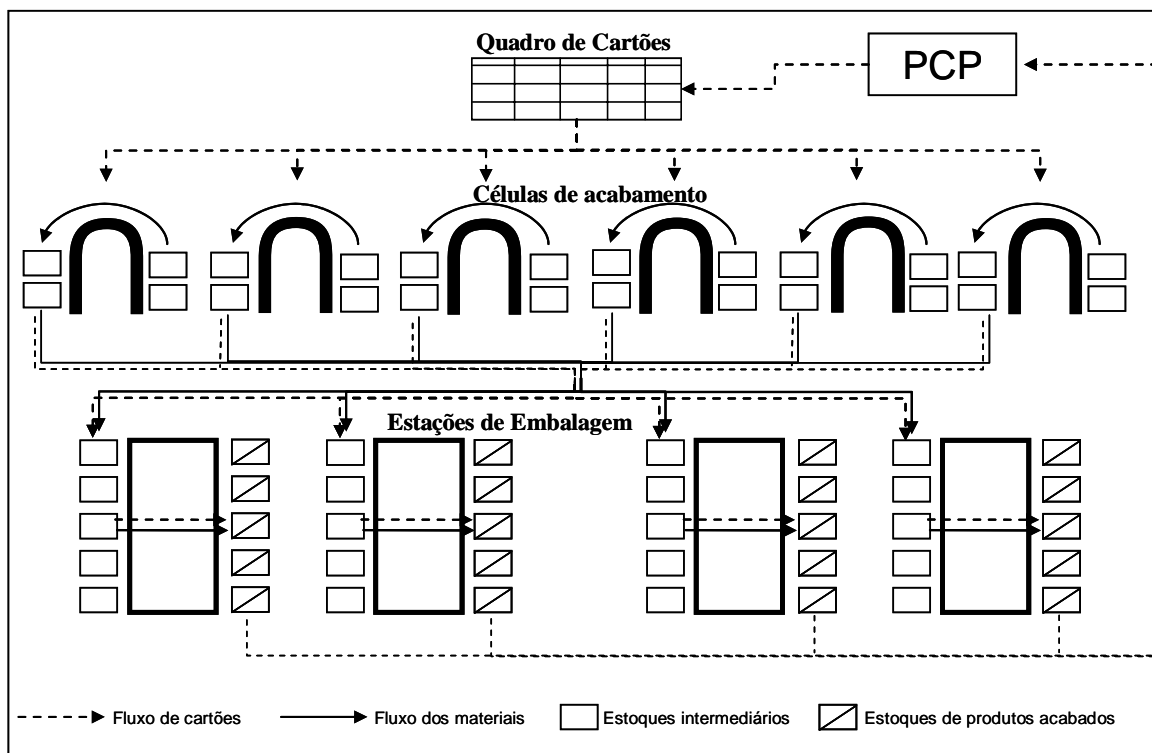
#### b) Funcionamento da adaptação

A principal matéria prima da fabricação de lápis é a madeira. Toras com mais de 14 cm de diâmetro são levadas da plantação para a fábrica. A madeira é cortada em “tabuinhas” e recebe um tratamento especial de secagem e tingimento, ficando mais macia, facilitando o apontamento dos lápis. Após isso, uma máquina abre canaletas nas “tabuinhas”, onde são coladas as minas de grafite ou de cor.

Depois, cola-se outra “tabuinha” com canaletas por cima, formando um "sanduíche" que é prensado, tornando-se as minas e a madeira uma única peça. O "sanduíche" é então processado no formato dos lápis. Todo esse processo é realizado em uma das plantas da empresa.

A segunda parte do processo de fabricação do lápis é realizada em uma área específica da outra planta, onde a adaptação do sistema *kanban* é utilizada. A figura 6.13, a seguir, ilustra um esboço do fluxo de materiais e informações desta área.





**FIGURA 6.13 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema *kanban* da empresa 09.**

Nesta área, os lápis são pintados, envernizados, apontados e carimbados, dentro das células de acabamento, em formato de “U”. Nos estoques do lado direito de cada célula, os lápis estão “crus”, e nos estoques do lado esquerdo de cada célula, os lápis estão prontos para serem embalados. Todas as células podem fazer quaisquer tipos de lápis, ou seja, qualquer cor e formato.

Depois, nas estações de embalagem, os lápis são embalados em caixas de 12, 24 ou 36 cores, ficando prontos para serem comercializados.

No esquema de funcionamento desta adaptação do sistema *kanban* estão presentes basicamente o quadro de cartões e os cartões sinalizadores. Tanto o quadro quanto os sinalizadores controlam a produção nas células de acabamento. Já a embalagem, recebe ordens diretamente do departamento de PCP da empresa.

Os cartões sinalizadores são do tipo de ordem de produção. A quantidade de cartões e a emissão destes é planejada e controlada pelo PCP periodicamente.

Os cartões, recolhidos no final do processo quando os produtos finais vão para a área de expedição da empresa, voltam para o departamento de PCP. No PCP da empresa, essencialmente as informações de previsão da demanda, dos pedidos, das quantidades em estoque, dentre outras, alimentam um sistema de planejamento das necessidades de materiais

(MRP). Mediante o uso deste sistema, a quantidade de cartões para o próximo período produtivo (em torno de 15 dias) é calculada. Após esses cálculos, os cartões retornam aos quadros de uma única vez, e vão sendo retirados pelos supervisores das células para dar início ao acabamento dos lápis. Uma vez retirados do quadro, os cartões acompanham os produtos até o final da produção (os produtos são enviados para a área de expedição) quando novamente os cartões retornam para o departamento de PCP, e o ciclo volta a se repetir. Eventuais ajustes nos cartões são realizados durante o período.

c) Análise das desvantagens da adaptação

Para a análise serão utilizadas as etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Etapa 1: Diante das exposições anteriores, concluí-se que:

- a) Esta adaptação não puxa a produção. A produção é programada;
- b) O controle é centralizado, por meio do departamento de PCP da empresa;
- c) Não há limitação do nível máximo de estoque, ou seja, o número de cartões é modificado para mais ou para menos em cada período produtivo; e
- d) O sistema usa apenas um tipo de sinalizador (de ordem de produção);

Diante destas características, esta adaptação não segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, pois não apresenta nenhuma das quatro características originais. Mais do que isso, esta modificação está consideravelmente alterada, a ponto de se tornar apenas um sistema que utiliza cartões padronizados para emitir ordens de produção. O quadro, neste caso, desempenha apenas o papel de indicador do andamento da produção em relação ao período; ou seja, se, por exemplo, houver cartões na faixa vermelha, e o período produtivo estiver terminando, visualmente este atraso fica evidente pelo exame do quadro.

Etapa 2: Observa-se que a empresa 09 possui todas as condições favoráveis à utilização do sistema *kanban* original, pois apresenta uma baixa variedade de itens, sua demanda é estável, os tempos de processamento são estáveis, as operações são padronizadas e os tempos de *setup* são baixos.

Etapa 4: A empresa 09 deve, portanto, alterar todas as características de sua adaptação a fim de tornar esse sistema idêntico ao sistema *kanban* original e, com isso, usufruir de todas as principais vantagens do sistema *kanban*.

De acordo com os resultados acima e das proposições do procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 desta dissertação, a adaptação utilizada pela empresa 09 possui como desvantagens:

- Controle ineficiente dos estágios produtivos;
- Dificuldade de identificação da raiz de problemas produtivos;
- Aumento dos níveis de estoque;
- Aumento dos *lead-times*;
- Aumento de refugos e retrabalhos;
- Não atribuição de *empowerment* aos operadores;
- Complexidade dos mecanismos de administração.

De fato algumas dessas desvantagens foram observadas em campo pelo pesquisador: constatou-se que havia altos níveis de estoque, complexidade dos mecanismos de administração, altos *lead-times*, não atribuição de *empowerment* aos operadores e complexidade dos mecanismos de administração.

### 6.3.5 Empresa 16

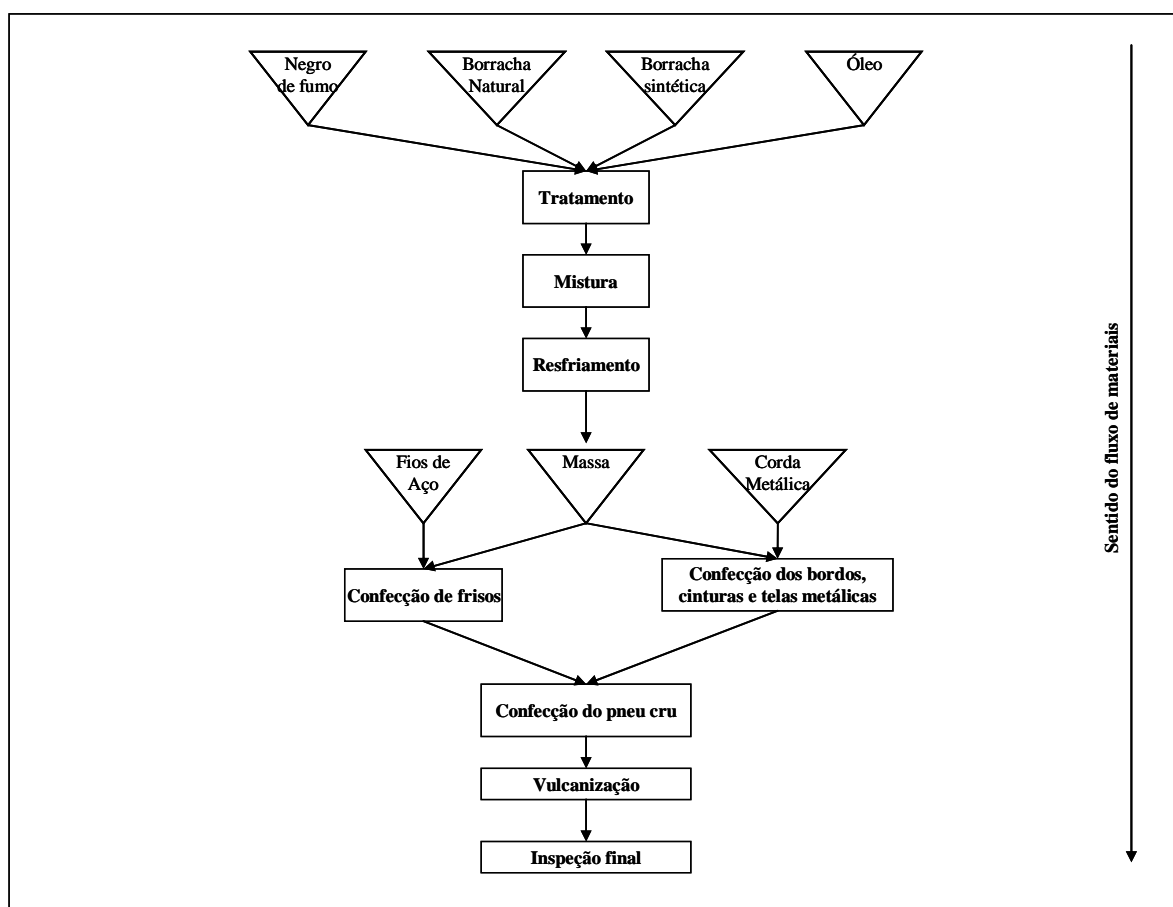
#### a) Características da empresa

A empresa 16 está localizada em Santo André, grande São Paulo, e produz pneus para caminhões, pneus traseiros para tratores, pneus para motoniveladoras e maquinários agrícolas e, também, câmaras de ar para pneus de motocicletas e bicicletas. O setor visitado foi o de fabricação de pneus de caminhão. Esta subsidiária do grupo produz tanto para o abastecimento de revendedoras como para montadoras de caminhões, no mercado interno e externo.

#### b) Funcionamento da adaptação

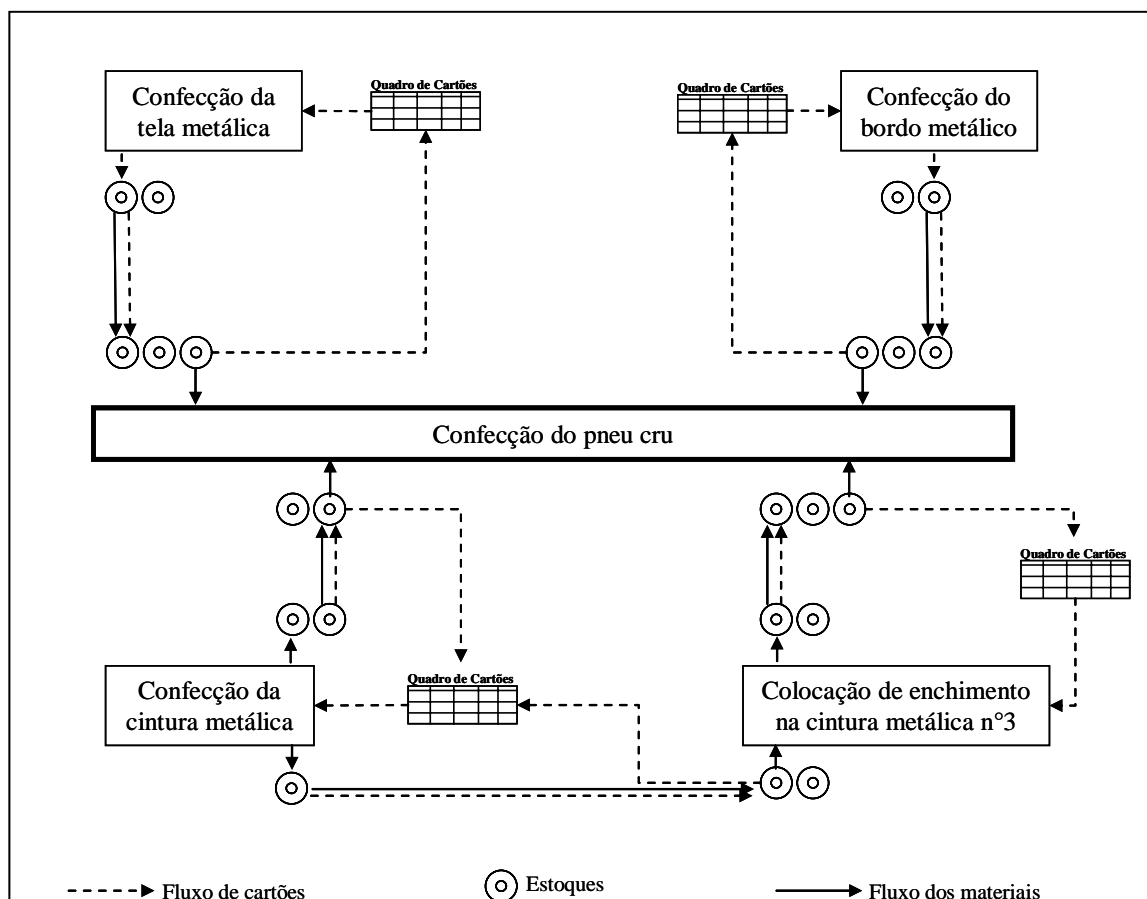
As principais matérias primas para a fabricação dos pneus de caminhão são: fios de aço, negro de fumo, borracha natural, borracha sintética, óleo e cordas metálicas. Com exceção dos fios de aço e das cordas metálicas, todos os ingredientes, nas devidas proporções, são tratados, misturados e resfriados, formando uma massa preta. Com os fios de aço são confeccionados frisos que entrarão na composição final dos pneus. À massa produzida anteriormente são adicionadas as cordas metálicas, formando as telas metálicas, as cinturas metálicas e os bordos metálicos. As telas metálicas, cinturas metálicas, frisos e bordos metálicos são enviados para serem unidos em uma “montagem” onde os pneus crus são produzidos. Após a confecção dos pneus crus, eles passam por um processo de vulcanização, onde vapores de água estufam os pneus crus em formas, durante aproximadamente uma hora, dando o formato final. Por fim, são retiradas as rebarbas de borracha dos pneus, que são inspecionados visualmente e por um processo de raio-x para detecção de defeitos e classificação de qualidade. Cem por cento dos pneus são inspecionados.

A figura 6.14 a seguir ilustra esquematicamente o fluxo geral do processo. A disposição dos processos é ilustrativa, não estando, portanto, de acordo com o *layout* da fábrica.



**FIGURA 6.14 – Fluxo geral do processo de fabricação de pneus da empresa 16.**

A empresa produz para estoque e utiliza um software de planejamento das necessidades de materiais (MRP) para determinar as quantidades a serem produzidas. Essas necessidades são convertidas em ordens de produção para cada etapa do processo produtivo. Entre a etapa de confecção dos bordos, cinturas e telas metálicas e a etapa de confecção do pneu cru é utilizada a adaptação do sistema *kanban*. A figura 6.15 a seguir ilustra um esboço do fluxo de materiais e informações entre essas etapas.



**FIGURA 6.15 – Esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema *kanban* da empresa 16.**

Existem 57 tipos de cinturas, 14 tipos de tela metálica e 21 tipos de bordos metálicos. A cintura metálica número 3 recebe um processamento adicional, onde são colocados enchimentos para diminuir a tensão, evitando o rompimento da mesma depois de colocada no pneu.

As telas, as cinturas e os bordos são enrolados em bobinas, que ficam acumuladas em dois pontos de estoque: um próximo às máquinas que confeccionam esses itens e outro próximo ao ponto de uso, ou seja, perto das máquinas de confecção dos pneus crus. Essas bobinas são representadas pelos círculos concêntricos na figura 6.15. A

movimentação desses estoques é feita por transportadores chamados na empresa de “carrinheiros”. Periodicamente, esses transportadores passam nos pontos de uso, recolhem os sinalizadores, levam-nos aos respectivos quadros e trazem mais bobinas para repor as utilizadas.

Há apenas um tipo de cartão sinalizador, sendo este de ordem de produção. A quantidade de cartões é fixa e dimensionada pela equipe de planejamento e controle da produção da empresa com o auxílio do MRP. Eventuais ajustes nessa quantidade são realizados. Esses cartões circulam:

- entre a confecção das telas metálicas e a confecção dos pneus crus;
- entre a confecção dos bordos metálicos e a confecção dos pneus crus;
- entre a confecção das cinturas metálicas e a confecção dos pneus crus; e
- entre a confecção das cinturas metálicas e o processo de enchimento da cintura metálica número 3;

Nos quadros, as colunas representam os itens, e cada linha representa uma bobina. Utilizam-se duas cores nesses quadros, laranja e amarelo, para determinar a prioridade de produção. A cor amarela indica o estoque reserva, ou seja, quando o primeiro cartão de determinado item cobrir a parte amarela do quadro, significa que o primeiro contenedor do estoque de segurança já foi consumido e, portanto, o operador deve dar prioridade à produção deste item.

### c) Análise das desvantagens da adaptação

Para a análise serão utilizadas as etapas do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

Etapa 1: Diante das exposições anteriores, concluí-se que:

- a) Esta adaptação puxa a produção;
- b) O controle é descentralizado;
- c) Há limitação do nível máximo de estoque; e
- d) O sistema usa apenas um tipo de sinalizador (de ordem de produção);

Diante destas características, esta adaptação segue a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, pois apresenta 3 das quatro características originais.

Etapa 2: Observa-se que a empresa 16 possui todas as condições favoráveis à utilização do sistema *kanban* original, pois apresenta uma baixa variedade de itens, sua demanda é estável, os tempos de processamento são estáveis, as operações são padronizadas e os tempos de *setup* são baixos.

Etapa 4: A empresa 16 deve, portanto, somente implantar a utilização do cartão de requisição, para poder usufruir de todas as vantagens do sistema *kanban* original.

Portanto, de acordo com os resultados acima e das proposições do procedimento de avaliação proposto no capítulo 4 desta dissertação, a adaptação utilizada pela empresa 16 possui como única desvantagem um controle ineficiente de informações. De fato essa desvantagem foi observada em campo pelo pesquisador, onde constatou-se que havia certa dificuldade relativa à determinação dos momentos de transferência dos materiais entre as diversas operações e a confecção do pneu cru.

#### **6.4 Análise Comparativa Entre os Estudos de Caso**

Como sugere Yin (1990), o estudo de caso pode ser simples ou múltiplo. Para esta pesquisa optou-se pelo emprego de múltiplos casos, para proporcionar o enriquecimento da pesquisa, uma vez que são identificados diferentes contextos de utilização do sistema *kanban* na forma adaptada e, além disso, uma análise de múltiplos casos fornece uma visão mais robusta dos resultados. Dessa forma, apresentadas as adaptações, nesta seção é realizada uma agregação comparativa entre elas, assim como entre elas e o sistema original. A classificação dessas adaptações segue direção semelhante à classificação feita no capítulo cinco desta dissertação, com exceção das vantagens e desvantagens das adaptações em relação ao sistema *kanban* original. No capítulo 5 desta dissertação, tanto as vantagens como as desvantagens foram propostas e evidenciadas pelos autores dos artigos que reportavam o uso das adaptações do sistema *kanban*. No presente capítulo as vantagens e desvantagens foram constatadas pelo autor da pesquisa, utilizando procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema.

O quadro 6.2 a seguir apresenta a classificação e condensa as principais informações relacionadas a cada adaptação estudada na seção 6.3.

**QUADRO 6.2 – Todas as adaptações na prática e suas principais características.**

Empresa	Características de funcionamento original mantidas	Vantagens
01	3 (PP, CD, LE)	Controle eficiente dos estágios produtivos; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; Redução dos níveis de estoque; Redução dos <i>lead-times</i> ; Redução de refugos e retrabalhos; Atribuição de <i>empowerment</i> aos operadores; Simplificação dos mecanismos de administração.
02	0	-
06	0	-
09	0	-
16	3 (PP, CD, LE)	Controle eficiente dos estágios produtivos; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; Redução dos níveis de estoque; Redução dos <i>lead-times</i> ; Redução de refugos e retrabalhos; Atribuição de <i>empowerment</i> aos operadores; Simplificação dos mecanismos de administração.

Do exposto no quadro anterior extraem-se algumas conclusões.

No capítulo 5 desta dissertação foi constatado que dentre as adaptações que foram desenvolvidas na prática (e divulgadas na literatura), a maioria delas utilizam mudanças na utilização dos sinalizadores como principal forma de compensar suas limitações. Nos casos estudados até o momento, esta mesma condição se verifica, uma vez que todos eles apresentam adaptações cujas diferenças de operacionalização em relação ao sistema *kanban* original alteram o uso dos sinalizadores. Na literatura, as mudanças na utilização dos sinalizadores têm fundamentalmente o objetivo de estabelecer meios de manipular sistematicamente o número ou quantidade de sinalizadores. Já nos casos práticos estudados até o momento, as mudanças têm como características principais a simplificação da utilização desses sinalizadores, pelo emprego de apenas um dos dois tipos peculiares do sistema *kanban* original. Das adaptações estudadas, 3 utilizam apenas o sinalizador de ordem de produção e duas utilizam apenas o sinalizador de requisição.

Assim como na literatura, em todos os casos estudados neste capítulo, nenhum tratou especificamente da adaptação do sistema *kanban* para sistemas produtivos com altos tempos de troca, embora, por exemplo, a empresa 01 apresente essa característica em seu sistema produtivo.

No capítulo 4 do presente trabalho, mais especificamente na seção 4.2 foram evidenciadas as condições ambientais desfavoráveis à utilização do sistema *kanban* e os respectivos motivos. Com relação a essa questão em particular extraem-se algumas



conclusões. Com exceção da empresa 02, todos os setores onde são utilizadas as adaptações nas empresas estudadas neste capítulo possuíam as condições favoráveis à utilização do sistema *kanban* original, a saber:

- a) Baixa variedade de itens
- b) Operações padronizadas;
- c) Tempos de processamento estáveis;
- d) Demanda estável; e
- e) Baixos tempos de *setup*.

Além da empresa 02, a empresa 01 apresenta uma condição desfavorável: as máquinas possuem altos tempos de *setup*. De qualquer forma, a quantidade de *setups* é reduzida em função da grande quantidade de máquinas injetoras sendo utilizadas ao mesmo tempo. O quadro 6.3 a seguir ilustra a situação dessas adaptações em relação às vantagens que estão deixando de usufruir e em relação à ação que deve ser tomada no que diz respeito ao SCO utilizado.

**QUADRO 6.3 – Situação das adaptações em relação às vantagens que estão deixando de usufruir e em relação à ação que deve ser tomada.**

Empresa	Vantagens que estão deixando de usufruir	Ação a ser tomada
01	Controle eficiente de informações.	Implantar a utilização do cartão de requisição.
02	Controle eficiente dos estágios produtivos; Facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; Redução dos níveis de estoque; Redução dos <i>lead-times</i> ; Redução de refugos e retrabalhos; Atribuição de <i>empowerment</i> aos operadores; Simplificação dos mecanismos de administração. Controle eficiente de informações.	Substituir seu SCO por outro sistema mais adequado para suas condições produtivas.
06	Idem ao anterior	Alterar todas as características de sua adaptação a fim de tornar esse sistema idêntico ao sistema <i>kanban</i> original.
09	Idem ao anterior	Idem ao anterior
16	Controle eficiente de informações.	Implantar a utilização do cartão de requisição.

Dessa forma, conclui-se que, com exceção da empresa 02, todas as empresas estudadas poderiam estar utilizando o sistema *kanban* original.

De fato foram observadas pelo pesquisador algumas dificuldades evidentes nas empresas 02, 06 e 09 como altos níveis de estoque, complexidade dos mecanismos de administração e altos *lead-times*. Já nas empresas 01 e 16, por meio das observações realizadas durante os estudos de caso, constatou-se também algumas dificuldades relativas à determinação dos momentos de transferência dos materiais. Todas essas dificuldades reforçam o relacionamento proposto por esta pesquisa entre as vantagens do sistema *kanban* original e suas características de funcionamento.

## 6.5 Considerações Finais

Com relação ao emprego do procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais, este se mostrou muito útil para responder à quarta questão de pesquisa. Mais do que isso, com o uso do procedimento foi possível comparar os resultados obtidos nos estudos de caso com maior precisão. Além disso, com a identificação das condições produtivas desfavoráveis à utilização do sistema *kanban* e dos requisitos do ambiente competitivo de cada uma das empresas pode-se determinar quais as características de funcionamento original do sistema *kanban* poderiam ser utilizadas nas empresas.

Após a identificação das vantagens e desvantagens das adaptações do sistema *kanban* nas empresas estudadas utilizando o procedimento, foram reforçados os relacionamentos propostos entre as características de funcionamento, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema *kanban* original pela observação direta do pesquisador das dificuldades enfrentadas pelos sistemas produtivos das empresas.

Como consideração final deste capítulo é preciso ressaltar que as empresas analisadas no *survey* e nos estudos de caso possuíam o conhecimento necessário para a implantação do sistema *kanban* original, pois são em sua maioria grandes empresas, receberam treinamentos de consultorias como o IMAM, e algumas eram associadas da Câmara de Comércio e Indústria Japonesa do Brasil (CÔRTEZ, 1993). Portanto as adaptações realizadas não foram resultantes de falta de embasamento teórico dos responsáveis pela implantação.

## 7 CONCLUSÕES

### 7.1 Introdução

Uma área de pesquisa da gestão da produção bastante explorada recentemente tem sido a criação de SCOs. Este canal, onde o maior desafio é desenvolver mecanismos e procedimentos eficazes que atendam às necessidades das organizações, gerou uma sucessão de idéias que resultaram em inúmeras publicações científicas que tratam diretamente deste assunto. Dentro deste mesmo eixo de pesquisa encontram-se ainda propostas de reformulação dos SCOs já existentes. Nestes casos, o objetivo é aproveitar as vantagens desses sistemas e alterar os componentes que lhes atribuem desvantagens em relação a uma determinada situação, de forma a adaptar um conceito. Nestas situações em particular, os SCOs não possuem o apelo da aplicabilidade universal, mas sim são específicos para uma dada circunstância produtiva e competitiva. Dessa forma, esta dissertação atua sobre esta última via de pesquisas, mais precisamente com relação às adaptações do sistema *kanban* da Toyota.

A partir da constatação de que muitas empresas que implantaram ou tentaram implantar o sistema *kanban* operavam em ambientes produtivos e competitivos diferentes da Toyota ou sofreram mudanças nestas características e passaram a enfrentar uma nova condição muitas vezes antagônica às situações indicadas para o uso do sistema *kanban*, é que surgiram as questões de pesquisa desta dissertação. Na época da criação do STP e conseqüentemente do sistema *kanban*, a realidade do mercado no qual a *Toyota Motor Company* atuava caracterizava-se por demandas estáveis, pequena variedade de produtos e fluxo de materiais simples. As principais alterações recentes no ambiente competitivo e suas conseqüências diretas são examinadas no capítulo 4.

Constatou-se também que diante da dificuldade de combinar essas situações adversas com o sistema *kanban* na forma como foi concebido, foram criadas adaptações do sistema *kanban*, semelhantes em termos de lógica de funcionamento ou não, mas que auxiliaram na construção de formas funcionais mais apropriadas em relação à realidade a que se remetem.

Dessa forma, as principais questões que guiaram esta pesquisa foram:

- a) O que aconteceu com as empresas que implantaram o sistema *kanban*? Continuam utilizando o sistema em sua forma original, realizaram adaptações ou o abandonaram?
- b) Quais as adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na literatura de Gestão da Produção?
- c) Quais as adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na prática em empresas industriais?
- d) Não estariam as empresas perdendo as vantagens associadas ao uso do sistema *kanban* utilizando essas adaptações?

Com isso, os objetivos específicos deste trabalho foram: verificar o que aconteceu com algumas empresas industriais do Estado de São Paulo que implantaram o sistema *kanban*, com relação ao uso do referido sistema; identificar quais os tipos de adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na literatura de Gestão da Produção, bem como suas vantagens e desvantagens; propor um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema; identificar quais os tipos de adaptações existentes atualmente na prática em algumas das empresas industriais; e diagnosticar quais as vantagens e desvantagens das adaptações do sistema *kanban* realizadas pelas empresas estudadas, utilizando o procedimento proposto.

Para um melhor entendimento das conclusões desta pesquisa, este capítulo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. Na seção 7.2 são respondidas as quatro questões de pesquisa. Na seção 7.3 são discutidos os objetivos do trabalho. Na seção 7.4 estão expostas as limitações da pesquisa, e na seção 7.5 estão listadas possíveis pesquisas futuras. Outras conclusões e considerações que estão presentes ao longo do texto deste trabalho não são repetidas neste capítulo.

## **7.2 Respostas às questões de pesquisa**

A seguir são resumidas as respostas às quatro questões de pesquisa que guiaram o presente trabalho.

Com relação ao que aconteceu com as empresas que implantaram o sistema *kanban*, foi constatado que de uma amostra de 30 empresas que implantaram o sistema *kanban* no início da década de noventa, 18 empresas utilizam uma forma adaptada do sistema *kanban*; 7 empresas fecharam (sendo que destas 1 fundiu-se com outra); 5 empresas abandonaram o uso do sistema *kanban*; e nenhuma empresa utiliza o sistema *kanban* original.

Com relação às adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na literatura de Gestão da Produção, foram identificadas e analisadas 33 adaptações do sistema *kanban* na literatura, a saber:

Sistema *Kanban* CNE com Somente Sinalizador de Ordem de Produção;

Sistema *Kanban* H com Somente Sinalizador de Ordem de Produção

*E-Kanban*

Simultaneous *Kanban* Control System (SKCS)

Independent *Kanban* Control System (IKCS)

Periodic Pull System (PPS)

Dynamically Adjusting *Kanban*

Regenerative Pull Control System (RPCS)

Job-Shop *Kanban*

Minimal Blocking

Generalized *Kanban* Control System (GKCS)

Modified *Kanban* System (MKS)

Auto-Adaptive *Kanban*

Concurrent Ordering System

Modified Concurrent Ordering System

Generic *Kanban* System (GKS)

Flexible *Kanban* System (FKS)

Push-Pull Approach (PPA)

Decentralized Reactive *Kanban* (DRK)

Extended *Kanban* Control System (EKCS)

Simultaneous Extended *Kanban* Control System (SEKCS)

Independent Extended *Kanban* Control System (IEKCS)

Adaptive *Kanban*

Reconfigurable *Kanban* System (RKS)

Inventory Based System

Sistema *Kanban* H com Somente Sinalizador de Requisição  
 Fake Pull Control System (FPCS)  
 Bar-Coding *Kanban*  
 CPM *Kanban* System  
 MRP/ sfx - Shop Floor Extension  
 Virtual *Kanban* (VK)  
 Customized Type 5  
 Customized Type 10

Já com relação às adaptações do sistema *kanban* existentes atualmente na prática em empresas industriais, foram identificadas 18 adaptações sendo utilizadas por empresas industriais no Estado de São Paulo, porém somente 5 foram analisadas à fundo nos estudos de caso. Das 18 adaptações 7 seguem a lógica de funcionamento do sistema *kanban* original e 11 não seguem. As cinco adaptações estudadas nos estudos de caso possuem como principal alteração a utilização de apenas um sinalizador.

Por fim, com relação às vantagens e desvantagens associadas às adaptações, foi constatado que as empresas que utilizam essas adaptações do sistema *kanban* deixam de usufruir (em maior ou menor grau, dependendo da adaptação) das seguintes vantagens: controle eficiente dos estágios produtivos; facilita a identificação da raiz de problemas produtivos; redução dos níveis de estoque; redução dos *lead-times*; redução de refugos e retrabalhos; atribuição de *empowerment* aos operadores; simplificação dos mecanismos de administração; e controle eficiente de informações. De fato foram observadas pelo pesquisador algumas dificuldades evidentes nas empresas:

a) Empresa 01

- Dificuldade relativa à determinação dos momentos de transferência dos materiais entre a linha de montagem, área de estocagem e injetoras.

b) Empresa 02

- Altos níveis de estoque;  
 - Complexidade dos mecanismos de administração; e  
 - Altos *lead-times*.

c) Empresa 06

- Altos níveis de estoque;  
 - Complexidade dos mecanismos de administração;

- Altos *lead-times*;
- Não atribuição de *empowerment* aos operadores; e
- Complexidade dos mecanismos de administração.

d) Empresa 09

- Altos níveis de estoque;
- Complexidade dos mecanismos de administração;
- Altos *lead-times*;
- Não atribuição de *empowerment* aos operadores; e
- Complexidade dos mecanismos de administração.

e) Empresa 16

- Dificuldade relativa à determinação dos momentos de transferência dos materiais entre as diversas operações e a confecção do pneu cru.

### 7.3 Avaliação dos Objetivos

Com relação aos objetivos desta pesquisa, concluiu-se que:

O objetivo específico 1 foi plenamente satisfeito, pois, por meio do *survey* realizado na pesquisa, foi mostrado que das trinta empresas industriais do Estado de São Paulo estudadas em Côrtes (1993), 18 empresas utilizam uma forma adaptada do sistema *kanban*; 7 empresas fecharam (sendo que destas 1 fundiu-se com outra), 5 empresas abandonaram o uso do sistema *kanban*; e nenhuma empresa utiliza o sistema *kanban* original.

O objetivo específico 2 foi alcançado, uma vez que foram identificadas, classificadas e analisadas 33 adaptações do sistema *kanban* propostas na literatura;

O objetivo específico 3 foi alcançado, pois nos cinco estudos de caso realizados foram encontradas adaptações;

O objetivo específico 4 foi alcançado, uma vez que um procedimento para avaliação da utilização do sistema *kanban* em empresas industriais por meio do relacionamento entre características de funcionamento original, condições do ambiente produtivo e vantagens do sistema foi proposto e ilustrado;

O objetivo específico 5 também foi alcançado, uma vez que as vantagens e desvantagens das adaptações foram diagnosticadas e analisadas por meio do procedimento de avaliação proposto pela presente pesquisa.

#### 7.4 Limitações da Pesquisa

A principal limitação desta pesquisa é a não generalização dos resultados, uma vez que a amostra para o *survey* é não-probabilística. Contudo, destaca-se que, apesar dessa limitação, as conclusões obtidas ao longo do trabalho e os objetivos alcançados na pesquisa contribuem para a ampliação do conhecimento sobre o tema estudado.

#### 7.5 Trabalhos Futuros

Primeiramente, em função do reconhecimento da limitação desta pesquisa, propõem-se os seguintes temas para pesquisas futuras:

- Análise do uso do sistema *kanban* por meio de *survey* exploratório com amostra probabilística;
- Análise da implantação do sistema *kanban* em empresas com características desfavoráveis à sua utilização, por meio de estudos de caso do tipo longitudinal (VOSS *et al*, 2002), para identificar as relações de causa e efeito entre as adaptações e as condições produtivas e competitivas das empresas.

Em segundo lugar, visto que esta pesquisa tratou especificamente de um único SCO, propõem-se:

- Estudos quantitativos e qualitativos sobre os principais SCOs utilizados pelas empresas;
- Estudos qualitativos sobre as vantagens e desvantagens dos SCOs mais utilizados nas empresas atualmente;

Nas pesquisas teórico-conceituais foram identificados ainda outros temas possíveis para trabalhos futuros. Em primeiro lugar, estudos comparativos pormenorizados



entre as adaptações do sistema *kanban* podem ser realizados. Estudos das desvantagens ainda não avaliadas de algumas adaptações podem tornar mais claras as dificuldades de adaptação do sistema *kanban* às novas necessidades produtivas, além de evidenciar as limitações das próprias adaptações em questão. Além disso, a aplicação na prática de adaptações somente desenvolvidas de forma teórica é um tema ainda com muitas oportunidades de exploração.

Uma constatação importante é que todas as empresas analisadas nos estudos de caso utilizam o MRP como SCO e também uma adaptação do sistema *kanban*. No capítulo 3 desta dissertação, na seção 3.4.4, foi verificado, dentre outras coisas, que uma questão tratada repetidamente nos vários estudos sobre o sistema *kanban* é sua comparação com o sistema MRP. Muitos artigos dedicam-se exclusivamente a esta questão, além da exaustiva tentativa de desenvolver uma forma de definir qual é o sistema mais adequado para determinada situação produtiva. Além disso, no capítulo 5, duas adaptações, o *Bar-Coding Kanban* e o *MRP/ sfx - Shop Floor Extension* utilizam o MRP como parte integrante de seu funcionamento. Esses resultados apontam para uma real possibilidade de combinar eficientemente as atividades de planejamento do MRP e as atividades de execução no chão de fábrica do sistema *kanban*. Como descrito em CORRÊA *et al* (2001), o MRP é um sistema que tem grande vocação para o planejamento de nível mais alto (prazos mais longos e respectivos níveis de agregação de informações) e para planejamento de materiais. Já o sistema *kanban*, tem grande vocação para a gestão da fábrica, tornando as decisões de curtíssimo prazo descentralizadas, e aproveitando-se da experiência das pessoas que estão diariamente envolvidas com a produção para resolução de problemas e até para melhorias dos processos. Dessa forma, percebe-se que as principais inclinações do sistema *kanban* são exatamente os pontos menos eficientes do MRP e as principais inclinações do MRP são, também, os pontos menos eficientes do sistema *kanban*.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-NOUR, G.; LAMBERT, S.; DROLET, J. Adaptation of JIT Philosophy and *Kanban* Technique to a Small-Sized Manufacturing Firm; A Project Management Approach. **Computers e Industrial Engineering**, v 35, n 3-4, 1998, p 419-422.

AGGARWAL, S. C. MRP, JIT, OPT, FMS? **Harvard Business Review**, 1985.

AKTURK, M. S.; ERHUM, F. Overview of design and operational issues of *kanban* systems. **International Journal of Production Research**, Vol. 37, n. 17, 1999, p. 3859-3881.

ALRECK, P. L.; SETTLE, R. B. **The Survey Research Handbook**. 2ª Ed. New York: Irwin McGraw-Hill, 1995.

ANDER-EGG, E. **Introducción a las Técnicas de Investigación Social: Para Trabajadores Sociales**. 7ª Ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ANSARI, A.; MODARRESS, B. Wireless *Kanban*. **Production and Inventory Management Journal**, v 36, n 1, 1995, p 60-64.

AZEKA, F. **Identificação dos Principais Autores do PCP e Análise da Lacuna Entre Teoria e Prática do PCP na Região de São Carlos**. São Carlos, 2003. Dissertação de Mestrado – DEP, Universidade Federal de São Carlos.

BAYNAT, B.; BUZACOTT, J. A.; DALLERY, Y. Multiproduct *Kanban*-Like Control Systems. **International Journal of Production Research**, v 40, n 16, 2002, p 4225-4255.

BECHTE, W. Theory and Practice of Load-Oriented Manufacturing Control. **International Journal of Production Research**, 1988, Vol. 26, n. 3, 375–395.

BELT, B. MRP and *Kanban* – A Possible Synergy? **Production and Inventory Management**, Vol. 28, 1987, p. 71-80.

BERKLEY, B. J. A Review of the *Kanban* Production Control Research Literature. **Production and Operations Management**, Vol. 1, n. 4, 1992, p. 393-411.

BERKLEY, B. J. Setting Minimum Performance Levels for Two-Card *Kanban*-Controlled Lines. **International Journal of Production Research**, Vol. 31, n. 5, 1993, p. 1003-1021.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento dos Métodos e Tipos de Pesquisa. **Produção**, v.9, n°2, p. 65-75, julho de 2000.

BONNEY, M. C.; ZHANG, Z.; HEAD, M. A.; TIEN, C. C.; BARSON, R. J. Are push and pull systems really so different? **International Journal of Production Economics**, 1999, Vol. 59, 53-64.

BONVIK, A. M.; COUCH, C. E.; GERSHWIN, S. B. A comparison of Production-Line Control Mechanisms. **International Journal of Production Research**, vol. 35, n. 3, 1997, p. 789-804.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. London: Uniwin Hyman, 1989, 224p.

BUFFA, E. S.; SARIN, R. K. **Modern Production/Operations Management**. John Wiley e Sons, 1987.

BUFFA, E.S.; MILLER, J. G. **Production-Inventory Systems: Planning and Control**. Richard D. Irwin, 1979.

BURBIDGE, J. L. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1983.

BURBIDGE, J. L. Production Control: A Universal Conceptual Framework. **Production Planning e Control**, 1990, Vol. 1, n. 1, 3-16.

BUZACOTT, J. A. Queuing Models of *Kanban* and MRP Controlled Production Systems. **Engineering Cost and Production Economics**, Vol. 17, 1989, p. 3-20.

CHANG, T. M.; YIH, Y. Generic *Kanban* Systems for Dynamic Environments. **International Journal of Production Research**, v 32, n 4, 1994a, p 889-902.

CHANG, T.-M.; YIH, Y. Fuzzy Rule-Based Approach for Dynamic Control of *Kanbans* in a Generic *Kanban* System. **International Journal of Production Research**, v 36, n 8, 1998, p 2247-2257.

CHANG, T-M.; YIH, Y. Determining the Number of *Kanbans* and Lot Sizes in a Generic *Kanban* System: A Simulated Annealing Approach. **International Journal of Production Research**, vol. 32, n. 8, 1994b, p. 1991-2004.

CHAO, X.; DAS, S. K.; NAGENDRA, P. Priorization of *Kanbans* in the Case of a Single Station Serving Multiple Downstream Stations. **International Journal of Production Research**, Vol. 33, 1995, p. 377-389.

CHAOUIYA, C.; LIBEROPOULOS, G.; DALLERY, Y. Extended *Kanban* Control System for Production Coordination of Assembly Manufacturing Systems. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v 32, n 10, 2000, p 999-1012.

CHAUDHURY, A.; WHINSTON, A. B. Towards An Adaptive *Kanban* System. **International Journal of Production Research**, v 28, n 3, 1990, p 437-458.

CHAUSSÉ, S.; LANDRY, S.; PASIN, F.; FORTIER, S. Anatomy of a *Kanban*: A Case Study. **Production and Inventory Management Journal**, v 41, n 4, 2000, p 11-16.

CONTADOR, J. C.; CONTADOR, J. L. Programação e Controle da Produção para Indústria Intermitente. In: Contador, J. C. **Gestão de Operações**. São Paulo, Edgar Blücher Ltda: 1997, 235-256.

CORBETT, C.; YÜCESAN, E. Modeling Just in time Production Systems: A Critical Review. **Proceedings** of the 1993 Winter Simulation Conference, 1993.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRPII / ERP: conceitos, uso e implantação**. São Paulo: Atlas, 2001.

CORRÊA, H.; GIANESI I. Sistemas de Planejamento e Controle da Produção. In: Contador, J. C. **Gestão de Operações**. São Paulo, Edgar Blücher Ltda: 1997, 287-308.

CÔRTEZ, M. R. **O uso do Kanban Interno em Empresas Industriais no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado - EAESP / FGV.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative and quantitative approaches**. London: Sage, 1994.

DALLERY, Y.; LIBEROPOULOS, G. Extended *Kanban* Control System: Combining *Kanban* and Base Stock. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v 32, n 4, 2000, p 369-386.

DAVIS, W. J.; STUBITZ, S. J. Configuring a *Kanban* System Using a Discrete Optimization of Multiple Stochastic Responses. **International Journal of Production Research**, Vol. 25, n. 5, 1987, p. 721-740.

ESPARRAGO JR, R. A. *Kanban*. **Production and Inventory Management Journal**, 1° Quarter, 1988,p. 6-10.

FERNANDES, F. C. F; GODINHO FILHO, M. **Fundamentos de Planejamento e Controle da Produção**. São Carlos: Apostila do Departamento de Engenharia de Produção, 2006.

FINCH, B. J.; COX, J. F. An Examination of Just in time Management for the Small Manufacturer: With an Illustration. **International Journal of Production Research**, Vol. 24, n. 2, 1986, p. 329-342.

FORZA, C. *Survey* Research in Operations Management: A Process-Based Perspective. **International Journal of Operations e Production Management**. V. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FREIN, Y., DI MASCOLO, M., DALLERY, Y. On the Design of Generalized *Kanban* Control Systems. **International Journal of Operations e Production Management**. Vol. 15, Num. 9, 1995.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z. MOSCAROLA, J. O método de Pesquisa *Survey*. **Revista de administração**. v. 35, n. 3, p.105-112, São Paulo, 2000.

FUJIMOTO, T. **The Evolution of a Manufacturing System at Tayota**. New York: Oxford University Press, 1999.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 3. Edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GAURY, E. G. A.; KLEIJNEN, J. P. C.; PIERREVAL, H. A Methodology to Customize Pull Control Systems. **Journal of the Operational Research Society**, v 52, n 7, 2001, p 789-799.

GHAURI, P. N.; GRONHAUG, K. **Research Methods in Business Studies: A Practical Guide**. New York: Prentice Hall, 1995.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just in time. **Revista Produção**, Vol. 5, n. 2, 1995, p. 169-189.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLHAR, D. Y.; STAMM, C. L. The Just in Time Philosophy: A Literature Review. **International Journal of Production Research**, Vol. 29, 1991, p. 657-676.

GRAVEL, M.; PRICE, W. L. Using the *Kanban* in a Job Shop Environment. **International Journal of Production Research**, Vol. 26, n. 6, 1988, p. 1105-1118.

GRAVES, R.; KONOPKA, J. M.; MILNE, R. J. Literature Review of Material Flow Control Mechanisms. **Production Planning e Control**, Vol. 6, 1995, p. 395-403.

GRÜNWARD, H.; STRIEKWOLD, P. E. T.; WEEDA, P. J. A Framework for Qualitative Comparison of Production Control Concepts. **International Journal of Production Research**, Vol. 27, 1989, p. 281-292.

GUPTA, S. M.; AL-TURKI, Y. A. Y. An Algorithm to Dynamically Adjust the Number of *Kanbans* in Stochastic Processing Times and Variable Demand Environment. **Production Planning and Control**, vol. 8, n. 2, 1997, p 133-141.

GUPTA, S. M.; AL-TURKI, Y. A.Y. Adapting Just in time Manufacturing Systems to Preventive Maintenance Interruptions. **Production Planning and Control**, v 9, n 4, 1998, p 349-359.

GUPTA, Y. P.; GUPTA, M. C. A System Dynamics Model for a Multi-Stage Multi-Line Dual-Card JIT-*Kanban* System. **International Journal of Production Research**, Vol. 27, n. 2, 1989, p. 309-352.

HAYNSWORTH, H. C. A Theoretical Justification for the use of Just in time Scheduling. **Production and Inventory Management**, Vol. 25, 1984, p. 1-3.

HENDRICK, T. E. 'Fake Pull' in a *Kanban* Environment: Acceptable Trade-Off Or Violation Of Principle? **Production and Inventory Management Journal**, v 29, n 2, 1988, p 6-9.

HOUGHTON, E.; PORTOUGAL, V. Regime-change management under post-mass production. **International Journal of Production Economics**, 2001, Vol. 73, n. 2, 123-135.

HUANG, C. C.; KUSIAK, A. Overview of *Kanban* Systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Vol. 9, n. 3, 1996, p. 169 – 189.

HUANG, C.-C.; KUSIAK, A. Manufacturing Control With a Push-Pull Approach. **International Journal of Production Research**, v 36, n 1, 1998, p 251-275.

IZUMI, M.; TAKAHASHI, K. Concurrent Ordering in JIT Production System. **Proceedings** of the 2nd China-Japan International Symposium on Industrial Management, Beijing, 1993, p. 51-56.

JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations Research in Production Planning, Scheduling an Inventory Control**. New York: Wiley, 1974.

JOTHISHANKAR, M. C.; WANG, H. P. Determination of Optimal Number of *Kanban* Using Stochastic Petri Nets. **Journal of Manufacturing Systems**, Vol. 11, 1992, p. 449-461.

KARAESMEN, F.; DALLERY, Y. Performance Comparison of Pull Type Control Mechanisms for Multi-Stage Manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v 68, n 1, 2000, p 59-71.

KIM, T-M. Just in time Manufacturing System: A Periodic Pull System. **International Journal of Production Research**, vol. 23, n. 3, 1985, p. 553-562.

KOCHHAR, J.S.; HERAGU, S.S. Facility layout design in a changing environment. **International Journal of Production Research**, 1999, Vol. 37, n. 11, 2429-2446.

KRAJEWSKI, L. J.; KING, B. K.; RITZMAN, L. P.; WONG, D. S. *Kanban*, MRP, and Shapping the Manufacturing Environment. **Management Science**, Vol. 33, 39-57, 1987.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Estudo da Evolução da Pesquisa Sobre *Kanban* por meio de uma Análise Crítica de Revisões Existentes na Literatura. In: XII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, **Anais**: Bauru, 2005.

LAGE JUNIOR, M; FERNANDES, F. C. F. Projeto de um Simulador Analógico do Sistema *Kanban* para Fins Educacionais. In: XII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, **Anais**: Bauru, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6ª edição, São Paulo: Atlas, 2005.

LANDRY, S.; DUGUAY, C. R.; CHAUSSÉ, S.; THEMENS, J. Integrating MRP, *Kanban*, and Bar-Coding Systems to Achieve JIT Procurement. **Production and Inventory Management Journal**, v 38, n 1, 1997, p 8-12.

LAZZARINI, S. G. Estudos de caso: Aplicabilidade e Limitações do Método para Fins de Pesquisa. **Economia e Empresas**. v. 2, n.4, p.17-26, 1995.

LEWIS, M. W. Iterative Triangulation: A Theory Development process using existing case studies. **Journal of Operations Management**. V. 16, p. 455-469, 1998.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LÖDDING, H.; YU, K. W.; WIENDAHL, H. P. Decentralized WIP-oriented Manufacturing Control (DEWIP). *Production Planning and Control*, 2003, Vol. 14, n. 1, p. 42-54.

LOUIS, R. S. **Integrating Kanban with MRPII: Automating a Pull System for Enhanced JIT Inventory Management**. Portland: Productivity, 1997.

LUSS, H. Synchronized manufacturing at final assembly and feeder shops. **International Journal of Production Research**, Vol. 27, 1989, p. 1413-1426.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. A Multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems. **Production Planning e Control**, 2002, Vol. 11, n. 5, 481-496.

MARTINICH, J. S. **Production and Operations Management: An Applied Modern Approach**. New York: Wiley, 1997.

MARTINS, R. A. **Sistemas de Medição de Desempenho: Um Modelo para Estruturação do Uso**. São Paulo, 1998, Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MATTA, A.; DALLERY, Y.; DI MASCOLO, M. Analysis of Assembly Systems Controlled With *Kanbans*. **European Journal of Operational Research**. Amsterdam: vol. 166, n. 2, 2005.

MAYER, R. D. A critical Look at *Kanban*, Japan's Just in time Inventory System. **Management Review**, Vol. 12, 1984, p. 48-51.

MOHANTY, R. P.; KUMAR, S.; TIWARI, M.K. Expert Enhanced Coloured Fuzzy Petri Net models of Traditional, Flexible and Reconfigurable *Kanban* Systems. **Production Planning and Control**, v 14, n 5, 2003, p 459-477.

MONDEN, Y. Adaptable *Kanban* System Helps Toyota Maintain Just in time Production. **Industrial Engineering**, Vol. 13, n. 5, 1981, p. 29-46.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**. São Paulo, IMAM, 1984.

MOORE, K. E.; GUPTA, S. M. Stochastic Coloured Petri Net (SCPN) Models of Traditional and Flexible *Kanban* Systems. **International Journal of Production Research**, v 37, n 9, 1999, p 2135-2158.

MOURA, R. A. ***Kanban : A Simplicidade do Controle da Produção***. São Paulo: Imam, 1992.

NAGENDRA, P. B.; DAS, S. K. MRP/sfx: A *Kanban*-Oriented Shop Floor Extension to MRP. **Production Planning and Control**, v 10, n 3, 1999, p 207-218.

ODASSO, A.; BITTON, M.; CORTI, M.; DOUMEINGTS, G.; McMULLIN, J.; REGNIER, P. Managing change in manufacturing organizations. **Production Planning and Control**, 1996, Vol. 7, n. 6, 594-603.

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

OHNO, T. The Origin of Toyota Production System and *Kanban* System. **Proceedings of the International Conference on Productivity and Quality Improvement**. Tokyo, 1982.

OLHAGER, J.; WIKNER, J. Production planning and control tools. **Production Planning and Control**, 2000, Vol. 11, n. 3, 210-222.

OTENTI, S. A Modified *Kanban* System in a Semiconductor Manufacturing Environment. **IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference**. 1991.

PERRY, R. F.; GUPTA, S. M. Flexible *Kanban* System. **International Journal of Operations e Production Management**, vol. 19, n. 10, 1999, p 1065-1093.

PHILIPOOM, P. R.; REES, L. P.; TAYLOR, B. W.; HUANG, P. Y. A Mathematical Programming Approach for Determining Workcentre Lotsizes in a Just in time System with Signal *Kanbans*. **International Journal of Production Research**, Vol. 28, n. 1, 1990, p. 1-15.

PHILIPOOM, P. R.; REES, L. P.; TAYLOR, B. W.; HUANG, P. Y. An Investigation of the Factors Influencing the Number of *Kanbans* Required in the Implementation of the JIT Technique with *Kanbans*, **International Journal of Production Research**, Vol. 25, n. 3, 1987, p. 457-472.

PIRES, S. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: conceitos, estratégias , práticas e casos**. São Paulo: Atlas, 2004.

PRICE, W.; GRAVEL, M.; NSAKANDA, A. L. Review of optimization models of *Kanban*-based production systems. **European Journal of Operational Research**, Vol. 75, n. 1, 1994, p. 1-12.

REA, L. M.; PARKER, R. A. **A Metodologia de Pesquisa: do Planejamento à Execução**. São Paulo: Pioneira, 2000.



REDA, H. M. Review of '*Kanban*'-The Japanese 'Just in time' Production System. **Engineering Management International**, Vol. 4, n. 2, 1987, p. 143-150.

REES, L. P.; PHILIPOOM, P. R.; TAYLOR III, B. W.; HUANG, P. Y. Dynamically Adjusting The Number of *Kanbans* in a Just in time Production System Using Estimated Values of Leadtime. **IIE Transactions**, vo. 19, n.2, 1987.

REY, LUÍS. **Como Redigir Trabalhos Científicos**. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1972.

ROTHER, J. e SHOOK, M. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo. Lean Institute Brasil, 1998.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Controle da Produção**. 6. Edição. São Paulo: Pioneira, 2000.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

SCHONBERGER, R. J. **Japanese Manufacturing Techniques**. Free Press, New York, 1982.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas sobre Simplicidade**. São Paulo: Pioneira, 1984.

SEIDMANN, A. Regenerative Pull (*Kanban*) Production Control Policies. **European Journal of Operational Research**, v 35, n 3, 1988, p 401-413.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing**. Cambridge: Productivity Press, 1985.

SHINGO, S.; ROBINSON, A. **Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System**. Portland: Productivity, 1990.

SILVER, E. A.; PYKE, D. F.; PETERSON, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. New York, John Wiley e Sons, 1998.

SIPPER, D.; BULFIN, R. L. Jr. **Production: Planning, Control, and Integration**. New York: McGraw-Hill, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SO, K. C.; PINAULT, S. C. Allocating Buffer Storages in a Pull System. **International Journal of Production Research**, vol. 26, n. 12, 1988, p 1959-1980.

SPEARMAN, M. L.; WOODRUFF, D. L.; HOOP, W. J. CONWIP: a Pull Alternative to *Kanban*. **International Journal of Production Research**, Vol. 28, 1990, p. 879-894.

STARR, M. K. **Global Competitiveness: Getting the U.S. Back on Track**. New York: W. W. Norton, 1988.

STEVENSON, M.; HENDRY, L. C.; KINGSMAN B. G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. **International Journal of Production Research**, 2005, Vol. 43, No. 5, 869–898.

SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F.; UCHIKAWA, S. Toyota production System and *Kanban* System. Materialization of Just in time and Respect-for-Human System. **International Journal of Production Research**, Vol. 15, 1977, p. 553-564.

SURI, R. **Quick Response Manufacturing**. Portland: Productivity Press, 1998.

TAKAHASHI, K. Comparing Reactive *Kanban* Systems. **International Journal of Production Research**, v 41, n 18, 2003, p 4317-4337.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. Comparing Reactive *Kanban* and Reactive CONWIP. **Production Planning and Control**, v 13, n 8, 2002b, p 702-714.

TAKAHASHI, K.; Nakamura, N. Decentralized Reactive *Kanban* System. **European Journal of Operational Research**. vol. 139, n. 2, 2002a.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. Ordering Alternatives in JIT Production Systems. **Production Planning and Control**, v 9, n 8, 1998b, p 784-794.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. Reacting JIT Ordering Systems to the Unstable Changes in Demand. **International Journal of Production Research**, vol. 37, n. 10, 1999, p. 2293-2313.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. The Effect of Autocorrelated Demand in JIT Production Systems. **International Journal of Production Research**, v 36, n 5, 1998a, p 1159-1176.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N.; IZUMI, M. Concurrent Ordering in JIT Production Systems. **International Journal of Operations e Production Management**, vol. 17, n. 3, 1997.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N.; OHASHI, K. Order Release in JIT Production Systems: A Simulation Study. **Simulation**, vol. 66, n. 2, 1996, p 75-87.

TAKEDA, K.; TSUGE, Y.; MATSUYAMA, H. Decentralized Scheduling Algorithm to Improve the Rate of Production Without Increase of Stocks of Intermediates. **Computers and Chemical Engineering**, vol. 24, 2000, p 1619-1624.

TARDIF, V.; MAASEIDVAAG, L. An Adaptive Approach to Controlling *Kanban* Systems. **European Journal of Operational Research**, v 132, n 2, 2001, p 411-424.

TAYUR, C. Properties of Serial *Kanban* Systems. **Queueing Systems**, Vol. 12, 1992, p. 297-318.

TREVINO, J.; MCGUINNIS, L. F. Eletronic Spreadsheet Implementation for a Lot Sizing Procedure for a Single-Card *Kanban* System. **Computer and Industrial Engineering**, Vol. 11, 1986, p. 340-345.

TSOULFAS, G. T.; PAPPIS, C. P. Environmental Principles Applicable to Supply Chains Design and Operation. **Journal of Cleaner Production**, 2005.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. Edição. São Paulo: Atlas, 2000.

UZSOY, R.; MARTIN-VEGA, L.A. Modelling *kanban*-based demand-pull systems. A *survey* and critique. **Manufacturing Review**, Vol. 1, 1990, p. 171-176.

VEEN-DIRKS, P. V. Management Control and the Production Environment: A Review. **International Journal of Production Economics**, 2005, 263-272.

VERNYI, B.; VINAS, T. Easing Into E-*Kanban*. **Industry Week**, v 254, n 12, December, 2005, p 32.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D.C. **Manufacturing Planning e Control Systems**. McGraw-Hill, 1997.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case Research in Operations Management. **International Journal of Operations e Production Management**. V.22, n.2, p. 195-219, 2002.

WHITE, R. E.; PRYBUTOK, V. The Relationship Between JIT practices and Type of Production System. Omega, **The International Journal of Management Science**, Vol. 29, p. 113-124, 2001.

WILSON, G. T. *Kanban* Scheduling - Boon or Bane? **Production e Inventory Management**, Vol. 26, n. 3, 1985, p. 134-142.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 3. Edição. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. Newbury Park, California: Sage Publications, 1990. 166p.

ZIPKIN, P. A ***Kanban*-Like Production Control System: Analysis of Simple Models**. Technical Report, Research Working Paper n. 89-1, Graduate School of Business, Columbia University, New York, 1989.

## APÊNDICE A

### Questionário para entrevistas por telefone

N°	Empresa	Endereço	Site	Nome contato	Telefone

### Introdução

Bom dia/ boa tarde. Meu nome é Muris Lage Junior. Eu sou pesquisador do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos e estou realizando uma pesquisa em algumas empresas do Estado de São Paulo visando a realização de uma dissertação de mestrado. Sua empresa foi selecionada com base em um estudo anterior, realizado em 1993, também por um pesquisador aqui da Universidade, para fornecer informações com relação ao uso de um sistema de Coordenação de Ordens de Produção e Compra conhecido por sistema *kanban*.

- Se a empresa possuir nome de contato: Eu gostaria primeiramente de saber se \_\_\_\_\_ ainda trabalha nesta empresa, e se eu poderia conversar com ele? Se não:

- Eu gostaria muito que você me passasse para a pessoa responsável pelo Planejamento e Controle da produção, uma vez que acredito ser essa pessoa a mais indicada para responder algumas perguntas para a pesquisa.

Ao contatar a pessoa responsável pelo PCP:

Bom dia/ boa tarde. Meu nome é Muris Lage Junior. Eu sou pesquisador do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos e estou realizando uma pesquisa em algumas empresas do Estado de São Paulo visando a realização de uma dissertação de mestrado. Sua empresa foi selecionada com base em um estudo anterior, realizado em 1993, também por um pesquisador aqui da Universidade, para fornecer informações com relação ao uso do sistema *kanban*.

Com quem eu falo, por favor: \_\_\_\_\_

Eu gostaria muito de tomar apenas um pouco do seu tempo e pedir a sua contribuição. Não há respostas corretas ou incorretas; assim, sinta-se a vontade para

responder. Suas respostas serão tratadas com confidencialidade e não poderão ser atribuídas a você. Posso lhe fazer algumas perguntas curtas?

**a) Uso do sistema *kanban***

1) De acordo com uma pesquisa anteriormente realizada na sua empresa, o sistema *kanban* interno estava sendo implantado a cerca de 12 anos atrás. Sua empresa continua utilizando (mesmo que seja em uma pequena área apenas) o sistema *kanban*?

1.1 ( ) Sim.

1.2 ( ) Não.

Se não, ir para pergunta **perguntas finais**.

2) Aproximadamente, quantos produtos são controlados pelo sistema *kanban*? (modelos diferentes de um mesmo produto **não** devem ser considerados produtos diferentes)

\_\_\_\_\_

**b) Uso dos sinalizadores como ordem de produção e como autorização de transferência de materiais**

3) São usados cartões ou algum tipo de sinalização do consumo de itens ou produtos?

3.1 ( ) Sim.

3.1.1 ( ) Cartões.

Quantos e quais os tipos de cartões são usados (ordem de produção, transporte, etc.): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.1.2 ( ) Outro: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.2 ( ) Não.

**c) Controle descentralizado**

4) Há programação da produção para os itens ou produtos controlados pelo sistema *kanban*?

4.1 ( ) Sim. Em que etapa produtiva essa programação é feita?

4.1.1 ( ) Na primeira etapa

4.1.2 ( ) No meio do processo

4.1.3 ( ) No final – montagem

4.1.4 ( ) Em mais de uma etapa

4.1.5 ( ) Em todas as etapas

4.2 ( ) Não. Os estoques finais de produtos são controlados por cartões/sinalizadores?

( ) Sim.

( ) Não.

#### **d) Puxar a produção**

5) A produção é interrompida quando há falta de cartões nos quadros/postos?

5.1 ( ) Sim. Comente: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5.2 ( ) Não. Comente: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **e) Limitação do nível máximo de estoque**

6) Os estoques são limitados (níveis máximos)?

6.1 ( ) Sim. Como?

6.1.1 ( ) Pelos Cartões/Sinalizadores.

6.1.2 ( ) Por outro recurso. Qual: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6.2 ( ) Não

7) **d)** Quando os estoques máximos são atingidos em algum processo, o que acontece com a produção neste processo?

7.1 ( ) Pára.

7.2 ( ) Continua. Explique: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ir para **comentários finais**



**Observações**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## APÊNDICE B

### Explicação das perguntas do questionário para entrevistas por telefone

Os itens *b*, *c*, *d* e *e* referem-se as quatro características propostas por esta pesquisa como genuinamente associadas à lógica de funcionamento do sistema *kanban* original, ou seja, às informações a serem obtidas por meio da aplicação do *survey*:

*b*) Se o sistema empregado pela empresa usa sinalizadores como ordem de produção e como autorização de transferência de materiais simultaneamente;

*c*) Se o sistema empregado pela empresa possui controle descentralizado;

*d*) Se o sistema empregado pela empresa puxa a produção;

*e*) Se o sistema empregado pela empresa limita o nível máximo de estoque.

Já o item *a* refere-se a informação da continuidade da utilização do sistema *kanban* ou não.

As perguntas 1 e 2 do questionário são do tipo introdutória, ou seja, estão relacionadas ao assunto declarado no início do contato telefônico e são fáceis de responder. Uma das finalidades dessas perguntas é obter informações factuais básicas (REA e PARKER, 2000). Além disso, a pergunta número 1 é do tipo de “filtragem”, para se determinar se as próximas perguntas se aplicam.

As perguntas afins, ou seja, da mesma categoria, foram agrupadas dentro de cada cabeçalho indicado pelas letras *a*, *b*, e assim por diante. Para obedecer a seqüência lógica das perguntas, a questão número 7 está fora do seu conjunto afim, ou seja, *d*.

O intuito da segunda questão era verificar a consistência das respostas. A inconsistência seria evidenciada se a empresa tivesse uma grande variedade de produtos e ao mesmo tempo não marcasse nenhuma resposta que indicasse o uso de uma adaptação, o que indicaria uma situação desfavorável para a utilização do sistema *kanban* original. Essa situação não ocorreu.

## APÊNDICE C

### Protocolo de Coleta dos Dados nos Estudos de Caso

N°	Empresa	Endereço	Site	Nome contato	Telefone

#### Introdução

Bom dia/ boa tarde. Meu nome é Muris Lage Junior. Eu sou pesquisador do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos e estou realizando uma pesquisa em algumas empresas do Estado de São Paulo visando a realização de uma dissertação de mestrado. Sua empresa foi selecionada com base em um estudo anterior, realizado em 1993, também por um pesquisador aqui da Universidade, para fornecer informações com relação ao uso de um sistema de Coordenação de Ordens de Produção e Compra conhecido por sistema *kanban*.

A partir deste momento eu iniciarei a exposição de um conjunto de perguntas. Não há respostas corretas ou incorretas; assim, sinta-se a vontade para responder. Suas respostas serão tratadas com confidencialidade e não poderão ser atribuídas a você.

#### 1ª Parte – Questionário não-estruturado

##### A) Caracterização da Empresa e do Respondente

1) Qual é seu nome, e qual a sua função na empresa?

---



---

2) Há quanto tempo você trabalha nesta função?

---

3) Quais são os principais produtos fabricados nesta empresa?

---



---



---

4) Qual setor utiliza o sistema *kanban*? O que é fabricado neste setor?

---



---



---

5) Quantos produtos diferentes são produzidos neste setor? Dê exemplos.

---

---

---

6) Como a empresa atende a demanda desses produtos? (ETO, ATO, MTO, MTS, etc.)

---

---

7) Quais são as operações necessárias para a fabricação destes produtos?

---

---

---

Espaço para desenhar o fluxo das operações



**B) Caracterização do Funcionamento do Sistema *Kanban***

1) Você poderia descrever detalhadamente como funciona o planejamento e o controle da produção deste setor.

---

---

---

---

---

---

---

---

2) No início de cada período produtivo (dia, turno, hora etc.), onde ficam os sinalizadores (cartões)?

---

---

---

3) Esse sistema sempre funcionou dessa forma ou foi alterado? Há a intenção de alterá-lo? Por quê?

---

---

---

**2ª Parte – lista de checagem**

## Geral

- Layout*;
- Fluxo dos materiais;
- Fluxo das informações;
- Fluxo e tipos de sinalizadores;
- Determinação da quantidade de sinalizadores;
- Programação da produção;
- Quantidade de estoques;
- Movimentação dos estoques;
- Quadro e posto de sinalizadores;
- Utilização de sistemas de informação;
- Utilização de contenedores;

## Etapa 1:

- O sistema da empresa puxa a produção;
- O sistema da empresa limita o nível máximo de estoque;
- O sistema da empresa controla a produção de forma descentralizada;
- O sistema da empresa utiliza dois cartões simultaneamente;

## Etapa 2:

- Neste local há baixa variedade de itens;
- Neste local as operações são padronizadas;
- Neste local os tempos de processamento são estáveis;
- Neste local a demanda é estável;
- Neste local os tempos de *setup* são baixos.

## Etapa 3:

- Para a produção em análise, há necessidade de variedade;
- Para a produção em análise, há necessidade de baixo custo;
- Para a produção em análise, há necessidade de alta qualidade;
- Para a produção em análise, há necessidade de flexibilidade;
- Para a produção em análise, há necessidade de competição baseada no tempo;
- Para a produção em análise, há um mercado com crescentes exigências;
- Para a produção em análise, há necessidade de adaptação às novas condições competitivas;

Espaço para desenhar um esboço do fluxo de materiais e informações da adaptação do sistema *kanban* da empresa



**Observações**

---

---



## APÊNDICE E

### Explicação das respostas marcadas no questionário de entrevistas por telefone

Para a segunda questão, algumas respostas foram aproximadas pelos respondentes, sendo que “+50” ou “-50”, por exemplo, representam mais do que cinquenta produtos e menos do que cinquenta produtos, respectivamente. Notou-se nesta questão certa dificuldade de captar a real variedade de produtos, uma vez que muitos respondentes não sabiam exatamente a quantidade de produtos controlados pelo SCO em questão.

O quadro do apêndice D está dividido em três colunas principais. Na primeira coluna estão as empresas numeradas de um a trinta. Dessa forma, cada linha do quadro representa uma empresa. Na segunda coluna principal estão as respostas das empresas às perguntas do questionário. O “x” em cada uma das sub-colunas representa a resposta marcada pela empresa. Na terceira coluna principal está marcada a condição de cada empresa em relação às respostas dadas, ou seja, se a empresa utiliza (sim) ou não uma adaptação do sistema *kanban*. Os asteriscos simples designam as empresas que não estão mais em operação. O asterisco duplo designa uma empresa que teve sua fábrica desativada e que se fundiu a outra empresa também presente na amostra.

Se a empresa respondeu que utiliza apenas um tipo de sinalizador, qualquer que seja o tipo, então utiliza uma adaptação do sistema *kanban*, uma vez que nesta dissertação sistemas com apenas um tipo de sinalizador são considerados adaptações.

Nos casos em que as empresas marcaram como resposta à questão 6, a opção 6.2, a questão sete não se aplica, portanto, nesses casos, não há respostas para a questão sete.