

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO PARA O DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE KANBANS, NA
RELAÇÃO ENTRE CLIENTES E FORNECEDORES INTERNOS**

Dissertação de Mestrado

Emanuel José de Moura Junior

**FLORIANÓPOLIS
2005**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO PARA O DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE KANBANS, NA
RELAÇÃO ENTRE CLIENTES E FORNECEDORES INTERNOS**

Emanuel José de Moura Junior

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.

FLORIANÓPOLIS
2005

Emanuel José de Moura Junior

**MODELO PARA O DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE KANBANS, NA
RELAÇÃO ENTRE CLIENTES E FORNECEDORES INTERNOS**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia
de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção.**

**Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso**

**Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.
Orientador**

Banca Examinadora

**Prof. Gregório Jean Varvakis Rados, Ph.D.
Presidente**

Profa. Silene Seibel, Dra.

Prof. João Neiva de Figueiredo, Ph.D.

AGRADECIMENTOS

- À todos os professores da UFSC, em particular ao prof. Dálvio Ferrari Tubino, que contribuíram de forma efetiva para o meu desenvolvimento e consolidação desta dissertação.
- À minha família, esposa e filhas que me deram a força e incentivo durante os momentos mais difíceis desta caminhada.
- À Deus por sua infinita fonte de sabedoria e inesgotáveis possibilidades de evolução.

RESUMO

As implementações práticas dos conceitos teóricos relacionados aos sistemas de manufatura apresentados na literatura são muitas vezes dificultadas em função destes serem desenvolvidos para sistemas ideais, em que nem todas as variáveis que influenciam os sistemas são plenamente levadas em consideração. Isso não é diferente quando se trata dos conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP), em particular dos sistemas kanbans, que embora considerados simples, poucas são as empresas que na prática têm conseguido implantá-los e mantê-los de forma a extrair seus benefícios concretamente. Para se extrair o mínimo de benefício dos sistemas kanbans em empresas que atuam em mercados como o brasileiro, cujas características em sua maioria são sazonais, cujo comportamento das demandas são flutuantes, associado as inúmeras variáveis que influenciam seus sistemas produtivos, faz-se necessário adaptar os conceitos teóricos às realidades práticas, considerando adequadamente suas variáveis. Assim, este trabalho tem como objetivo de desenvolver um modelo para o dimensionamento da quantidade de kanbans, na relação entre clientes e fornecedores internos à manufaturas, contribuindo, de forma sistemática, para que os conceitos teóricos e as variáveis relacionados a este dimensionamento sejam adequadamente adaptados e considerados em concordância com a real situação prática do sistema onde o kanban estará sendo implementado.

ABSTRACT

The difficult in apply of the manufacture systems theories presented on the literature are due they are developed to ideal system, which don't consider all attributes that have influence on the systems. This is not different to the Toyota Production System theory, in particular the Kanbans Systems, which although considered simple, few are the companies that have reached concrete benefits proposal for this philosophy. To extract the minimum benefits of the kanbans systems in companies that act in marketing as the Brazilian, which characteristic in their majority are seasonal, being the demand behavior floating, associated a large quantity of attributes that influence on their production systems, is necessary to adapt the theories to the reality, considering their attributes influence. So, this work intend to develop a model to dimension the kanbans quantity in the relationship between customers and suppliers internal of the manufacturing, contributing, in a systematic way, the theories adaptations and considering the attributes in agreement whit the real situation of the production system where the kanban is being applied.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO **1**

1.1	Justificativa do Trabalho.....	1
1.2	Pressuposto Básico.....	2
1.3	Objetivo Geral.....	2
1.4	Objetivos Específicos.....	3
1.5	Metodologia do Trabalho	3
1.6	Limitações do Trabalho.....	4
1.7	Estrutura do Trabalho.....	5

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **6**

2.1	Introdução.....	6
2.2	Filosofia Just in Time e suas Ferramentas.....	6
2.3	Produção Focalizada.....	8
2.3.1	Nivelamento da Produção.....	10
2.3.2	Troca Rápida de Ferramentas (TRF)	12
2.3.3	Manutenção Preventiva, Preditiva e Produtiva Total.....	14
2.4	O Sistema Kanban.....	16
2.4.1	Funcionamento do Kanban.....	17
2.4.2	Cartões Kanban.....	18
2.4.3	Quadro Kanban.....	21
2.4.4	Fluxo e Controle da Produção Puxada.....	22
2.4.5	Dimensionamento da quantidade de Kanbans.....	25

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 106

5.1 Conclusões.....106

5.2 Recomendações para trabalhos futuros.....110

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 111

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Representação da interação das Ferramentas JIT.....	8
Figura 2.2	Célula em “U”.....	9
Figura 2.3	Comparativo entre programação convencional e a Nivelada.....	11
Figura 2.4	Gráfico do Lote Econômico.....	12
Figura 2.5	Funções e as Regras do Sistema Kanban.....	18
Figura 2.6	Subdivisões dos cartões kanban.....	19
Figura 2.7	Exemplo de Cartão kanban de produção / requisição.....	20
Figura 2.8	Quadro Kanban.....	22
Figura 2.9	Fluxo dos Kanbans.....	23
Figura 2.10	Sistema com um cartão kanban.....	23
Figura 2.11	Sistema com dois Cartões.....	24
Figura 2.12	Gráfico Dente de Serra.....	27
Figura 3.1	Fluxograma do Modelo para Dimensionamento da Quantidade de Kanbans.....	41
Figura 3.2	Fluxograma de definição das variáveis primárias.....	43
Figura 3.3	Nivelamento de produção Perfeito e o Variável.....	46
Figura 3.4	Representação do tempo disponível dos recursos para trabalho.....	48
Figura 3.5	Valores do TP, TS e VR do exemplo onde os itens compartilham de um grupo de recursos para executar as mesmas operações.....	50
Figura 3.6	Representação esquemática de um sistema em fluxo contínuo obedecendo ao “FIFO” e as filas de espera entre processos.....	53
Figura 3.7	Fluxograma para verificação da capacidade de produção dos recursos.....	64
Figura 3.8	Fluxograma da dinâmica de cálculo da quantidade de kanbans de produção do sistema.....	68
Figura 3.9	Fluxograma da dinâmica de cálculo da quantidade de kanbans de segurança do sistema.....	72
Figura 3.10	Exemplo de evolução do seqüenciamento da produção em um Sistema Kanban.....	79
Figura 4.1	Layout do Setor 3.....	84

Figura 4.2	Modelos de produtos acabados e suas derivações de gabinetes pintados e fabricados.....	88
Figura 4.3	Programação das linhas de montagens (exemplo de dois dias).....	92
Figura 4.4	Dados dos Recursos Produtivos.....	94
Figura 4.5	Dados de entrada dos itens.....	95
Figura 4.6	Definição dos L _{Ti}	97
Figura 4.7	Definição dos T _{Di} , T _{Mi} , I _{Q_{Ei}} , CP, NS, NS*, NS** , C _q e C _m	100
Figura 4.8	Quantidade de Kanbans do Sistema.....	101
Figura 4.9	Distribuição dos cartões kanbans no quadro.....	102

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do Trabalho

As implementações práticas dos conceitos teóricos sobre dimensionamento da quantidade de kanbans discutidos na literatura de sistemas de manufaturas são muitas vezes dificultadas em função destes serem desenvolvidos para sistemas ideais, onde diversas variáveis que influenciam os sistemas reais não são plenamente levadas em consideração. Isso também se observa com os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP), em particular no tocante aos sistemas Kanban. Embora os sistemas Kanban sejam considerados simples, poucas são as empresas que na prática têm conseguido implanta-los e mantê-los de forma a extrair seus benefícios concretamente. Spear e Bowen (1999) comentam que, dentre as empresas de diferentes ramos de negócio que buscaram introduzir as práticas do STP, poucas têm conseguido imitar a Toyota com sucesso. Um dos argumentos citado por esses autores é que toda melhoria e, conseqüentemente, toda aplicação de qualquer ferramenta do STP deve seguir um método científico, o que trará segurança e garantia de bom funcionamento ao que está sendo proposto.

Para poder extrair os benefício nas implementações dos sistemas Kanban em empresas que atuam em mercados como o brasileiro, cujas características em sua maioria são sazonais e onde o comportamento das demandas é flutuante e associado às inúmeras variáveis que influenciam seus sistemas produtivos, faz-se necessário adaptar os conceitos teóricos às realidades práticas, levando em conta essas variáveis de maneira adequada e sistemática.

Ohno, citado por Moura (1996 p.1), comenta que é possível introduzir o Kanban a qualquer momento e com qualquer nível de estoque, mas que se o potencial do sistema não for aproveitado para identificar os problemas e aumentar a produtividade, então sua utilização não será plena.

Conforme Shingo (1996 p.223) coloca, para executar as funções do kanban e dos sistemas Kanban com precisão é de grande importância estabelecer o

número de kanbans a fim de regular o fluxo dos itens globais, manter o estoque a um mínimo e proporcionar controle visual do sistema.

Dentro dessa ótica, conforme já comentado, as bibliografias pesquisadas tratam, de um modo geral, dos sistemas Kanban no contexto de sistemas produtivos ideais. Contudo, para poder obter os benefícios da implementação prática desses sistemas faz-se necessário realizar as devidas adaptações aos conceitos teóricos, definindo adequadamente as variáveis e suas correlações e influências no dimensionamento da quantidade de kanbans. Assim, a questão apresentada para discussão neste trabalho é: Por que várias organizações que implantaram as ferramentas do Sistema Toyota de Produção, em particular o sistema Kanban, não obtiveram o mesmo sucesso que a Toyota? E ainda: Os conceitos teóricos e as variáveis que influenciam o dimensionamento da quantidade de kanbans têm sido adequadamente adaptados e levados em consideração quando de sua implementação e manutenção?

Uma vez discutidas as questões acima no âmbito da pesquisa bibliográfica presentemente desenvolvida, a questão inovadora que se coloca é:

Como contribuir de forma sistemática para que os conceitos teóricos do dimensionamento da quantidade de kanbans de um sistema produtivo e as variáveis que o influencia sejam corretamente levados em consideração e adaptados às situações práticas?

1.2 Pressuposto Básico

O pressuposto básico a ser testado na elaboração desta pesquisa é que é possível contribuir de forma sistemática para que os conceitos teóricos do dimensionamento da quantidade de kanbans de um sistema produtivo e as variáveis que o influenciam sejam corretamente levados em consideração e adaptados às situações práticas.

1.3 Objetivo Geral

Com o intuito de satisfazer o pressuposto básico apresentado, esta dissertação tem como objetivo geral desenvolver um modelo para o dimensionamento da quantidade de kanbans considerando a relação entre

clientes e fornecedores internos à manufatura de um processo produtivo em lotes repetitivos e levando-se em conta todas as variáveis que na prática influenciam esse cálculo.

1.4 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Sistematizar as adaptações necessárias dos conceitos teóricos apresentados na bibliografia às aplicações práticas relacionadas ao dimensionamento da quantidade de kanbans;
- Definir as variáveis que influenciam o dimensionamento da quantidade de kanbans;
- Definir como e quando se dá a contribuição de cada variável no dimensionamento da quantidade de kanbans;
- Propor uma sistematização para o cálculo da quantidade de kanbans de produção e de segurança dos sistemas;
- Propor uma sistematização de distribuição dos kanbans no quadro porta kanbans de maneira a permitir que o “chão de fábrica” estabeleça o seqüenciamento correto dos itens nos recursos produtivos e identifique a necessidade de redimensionamento do sistema de forma visual;
- Implantar o modelo proposto em uma organização com as características definidas no objetivo geral, para validar qualitativamente o modelo desenvolvido.

1.5 Metodologia do Trabalho

O desenvolvimento do trabalho será composto das seguintes etapas:

1 – Fazer uma pesquisa bibliográfica dos principais trabalhos publicados pertinentes ao tema, realizando ao final desta uma análise que visa fortalecer a justificativa e a relevância do presente trabalho. No tocante à natureza da pesquisa, esta será do tipo aplicada e enfocará o desenvolvimento de um modelo para dimensionamento da quantidade de kanbans. O modelo terá por finalidade gerar conhecimento que permita definir adequadamente a quantidade de kanbans

dos itens de um sistema Kanban e sua distribuição no quadro porta kanbans de forma a propiciar o controle visual do sistema por parte do “chão de fábrica”.

2 – Partindo da análise da pesquisa bibliográfica, definir as fases básicas do modelo proposto, sendo estas detalhadas na seqüência e já contendo as adequações necessárias dos conceitos teóricos da literatura sobre dimensionamento da quantidade kanbans às realidades práticas onde estes serão implementados. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa será do tipo exploratório, onde o modelo buscará explicitar as variáveis que na prática influenciam esse cálculo.

3 – Para validar o modelo proposto, realizar a aplicação prática deste em uma organização cujas características produtivas sejam compatíveis com o exposto no objetivo geral do presente trabalho. Quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa terá um cunho qualitativo visto que a aplicação prática não contemplou um número estatisticamente representativo.

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho terá um caráter de estudo de caso, utilizando-se como base a pesquisa bibliográfica e a aplicação prática do modelo proposto.

A implementação do modelo terá um cunho fenomenológico, onde o pesquisador, após desenvolver o modelo com base nos conceitos fundamentados na revisão bibliográfica do Capítulo 2, participará tecnicamente da sua aplicação, visando certificar qualitativamente a funcionalidade do mesmo.

1.6 Limitações do Trabalho

Este trabalho de pesquisa tem como função explorar e discutir os assuntos e conceitos que influenciam diretamente o dimensionamento da quantidade de kanbans, mas não tem por objetivo discutir a implementação do sistema Kanban como um todo, uma vez que o assunto possui abundantes referências bibliográficas, estando parte destas aqui relacionada.

O modelo proposto será desenvolvido para o relacionamento interno entre clientes e fornecedores de organizações cujo sistema produtivo ocorre em lotes repetitivos, não se levando em consideração outros tipos de sistema de produção nem tampouco o relacionamento entre fornecedores e clientes externos.

Em função do tempo necessário para a implementação do modelo proposto, este será testado em apenas uma organização e em um tipo de processo produtivo.

1.7 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Além deste primeiro, onde foram definidas as justificativas da pesquisa, seu pressuposto básico, seus objetivos gerais e específicos, sua metodologia e suas limitações, os demais capítulos apresentam os conteúdos descritos a seguir.

O Capítulo 2 trata da revisão bibliográfica, onde são abordados os conceitos utilizados no desenvolvimento do modelo proposto e também os trabalhos publicados que discutem o dimensionamento das quantidades de kanbans.

O Capítulo 3 descreve o desenvolvimento do modelo proposto, incluindo a definição de todas as variáveis e etapas que o compõe.

O Capítulo 4 apresenta uma aplicação prática do modelo, visando testar a funcionalidade do mesmo em um ambiente produtivo com as características definidas em seu escopo.

Finalmente, o Capítulo 5 contém as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros oriundos do desenvolvimento e da aplicação prática do modelo proposto.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

Serão abordados nesse capítulo os conceitos básicos utilizados no desenvolvimento do modelo proposto, para o dimensionamento das quantidades de Kanban, na relação entre clientes e fornecedores internos, em manufaturas em que o processo produtivo é do tipo em lotes repetitivos.

No que se refere à implementação de um sistema Kanban, pretende-se responder à questão: Como garantir que sejam adequadamente levadas em consideração, as variáveis que influenciam no dimensionamento das quantidades de Kanban? Serão apresentados a seguir os aspectos essenciais relacionados à abordagem Just In Time, conceitos do Sistema de Produção Puxada (Kanban), relacionado ao dimensionamento da quantidade de Kanban, assim como os trabalhos publicados em anais de congressos e periódicos que abordem o assunto em questão.

2.2 Filosofia Just in Time e suas Ferramentas

A abordagem Just in Time, pode ser entendida tanto como uma filosofia como um método. Significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que esses são necessários (não acumular estoque e também não deixar o cliente esperar pelo produto solicitado).

Na concepção de Slack (1999, p. 355):

O Just in Time é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia chave do

JIT é a simplificação.

Desta forma, sua função é atender à demanda imediatamente, oferecendo qualidade perfeita e sem desperdícios. Para Ohno (1997, p. 26), Just in Time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas a serem utilizadas na montagem alcançam a linha de montagem no momento certo e na quantidade adequada.

O estabelecimento integral deste fluxo pode resultar no estoque zero, que seria ideal na gestão da produção. Para Shingo (1996, p. 103) isso “equivale a dizer que cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, ou seja, no momento certo”.

Há uma diversidade de frases e termos que são comumente utilizados para referir-se a abordagem JIT, tais como: manufatura de fluxo contínuo, manufatura de alto valor agregado, produção sem estoque, produção com pouco estoque, manufatura veloz, manufatura enxuta, processo reduzido de resolução de problemas e manufatura de tempo e ciclo reduzido.

Esta abordagem, na visão de Slack (1999), como a tradicional, visa a alta eficiência na produção, mas se difere da abordagem tradicional em vários aspectos: ao invés de proteger cada parte da produção de possíveis distúrbios, ela visa a exposição do sistema aos problemas para modificar sua estrutura motivacional em direção à solução desses problemas. Essa abordagem apresenta novas demandas para a função de manufatura, principalmente pelo fato de que requer grande empenho em todos os objetivos de desempenho da produção: a qualidade deve ser alta, a velocidade é essencial, a confiabilidade é um pré-requisito para o fluxo rápido e a flexibilidade é essencial para a produção de pequenos lotes, com fluxos rápidos e lead times curtos.

Outra meta de um sistema JIT de produção, descrita por Tubino (1999) é satisfazer as necessidades dos clientes, eliminar desperdícios, melhorar continuamente, envolvendo totalmente as pessoas e a organização e visibilidade.

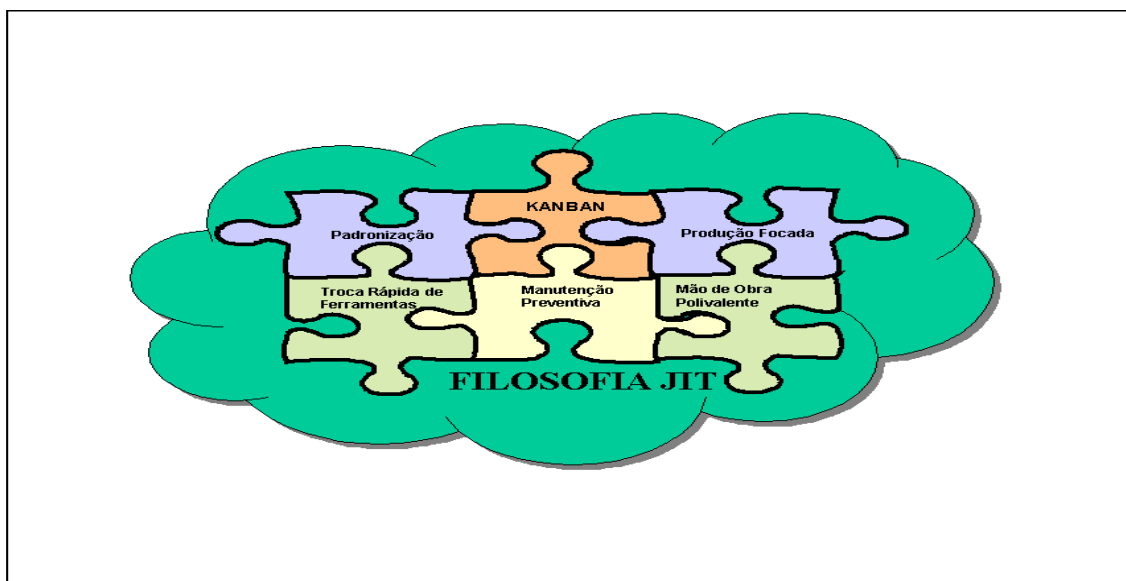
A compreensão da abordagem Just in Time, para Slack (1999) requer uma análise em dois níveis: de forma geral, como uma filosofia de manufatura, ele oferece uma ampla visão para guiar ações de gerentes de produção; por outro lado, ele também é uma coleção de ferramentas e técnicas que subsidiam essa

filosofia e representam meios para a eliminação do desperdício. As práticas básicas de trabalho são: disciplina, flexibilidade, igualdade, autonomia, desenvolvimento de pessoal, qualidade de vida no trabalho e criatividade.

Para a implantação de um sistema JIT é necessária uma mudança ampla e sistemática na organização, que abrange desde aspectos operacionais até os emocionais. Para tanto, deve existir o comprometimento integral das pessoas com o processo de mudança, que tende a ocorrer a longo prazo. Ao nível do chão de fábrica, conforme a Figura 2.1, são apresentadas algumas ferramentas, como a padronização, o kanban, a produção focalizada, a troca rápida de ferramentas, a manutenção preventiva e a mão de obra polivalente, onde uma interage com a outra, de forma a se complementar e oferecendo suporte ao desenvolvimento adequado das atividades que fazem parte do sistema JIT de produção.

Dentro do enfoque deste trabalho se estará focando apenas as ferramentas e conceitos que se relacionam diretamente com o dimensionamento da quantidade de kanbans.

Figura 2.1 Representação da interação das Ferramentas JIT.



Fonte: Andrade (2002).

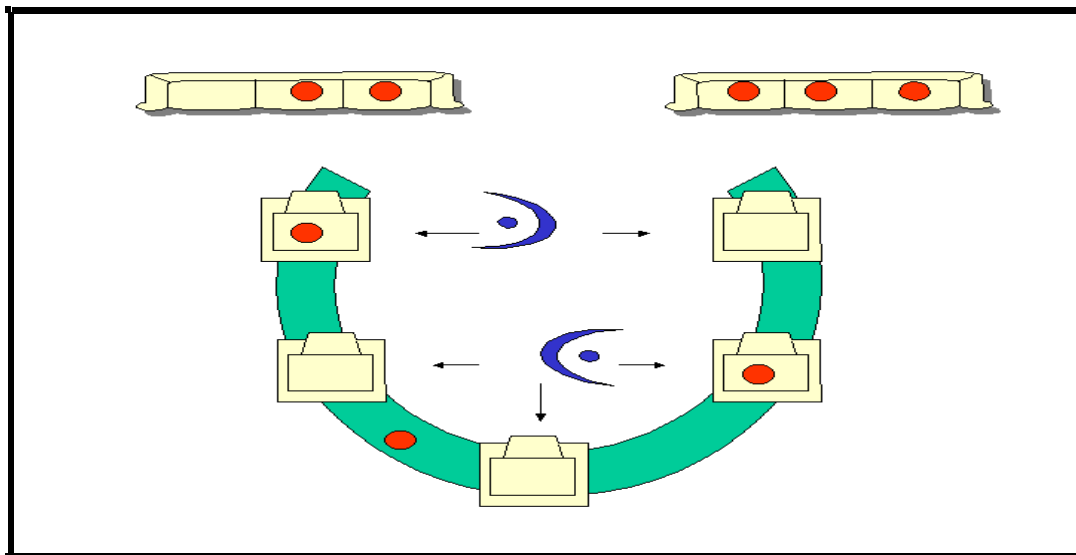
2.3 Produção Focalizada

Segundo Tubino (1999) produção focalizada diz respeito ao tratamento de um produto ou família de produto como um negócio específico, com suas características produtivas e mercadológicas próprias, sendo os recursos físicos

necessários a produção de cada produto ou família focalizados, constituindo pequenas unidades produtivas independentes.

Womack e Jones (1998) utiliza a denominação de layout de fluxo contínuo, onde as etapas de produção são organizadas em seqüência, normalmente dentro de uma única célula de trabalho, e o produto passa de uma etapa para outra em quantidades unitárias, sem estoques intermediários de itens semi acabados. As células são freqüentemente disposta em forma de “U” para minimizar a movimentação entre processos e favorecer a polivalência da mão de obra, conforme demonstrado na Figura 2.2.

Figura 2.2 Célula em “U”.



Fonte: Andrade (2002).

Segundo Moura (1996) as máquinas e famílias de produtos em uma produção focalizada são baseadas na análise da Tecnologia de Grupo, podendo as famílias serem definidas segundo suas dimensões, formas, material, seqüência de processamento e etc.

Para famílias de produtos que possuem variações, é essencial que cada máquina possa ser transformada quase instantaneamente e também máquinas tradicionais de produção em massa sejam corretamente dimensionadas para se ajustarem ao processo de produção em fluxo contínuo.

2.3.1 Nivelamento da Produção

Em um sistema de produção onde a programação é convencional as demandas são normalmente vistas dentro de um período mensal, sendo a tendência do chão de fábrica de produzir a demanda total de cada item em uma determinada seqüência, resultando em níveis elevados de estoque. Em um sistema onde se busca o nivelamento da produção as demandas são distribuídas de forma a serem produzidas em determinados mix e quantidades diariamente repetidos.

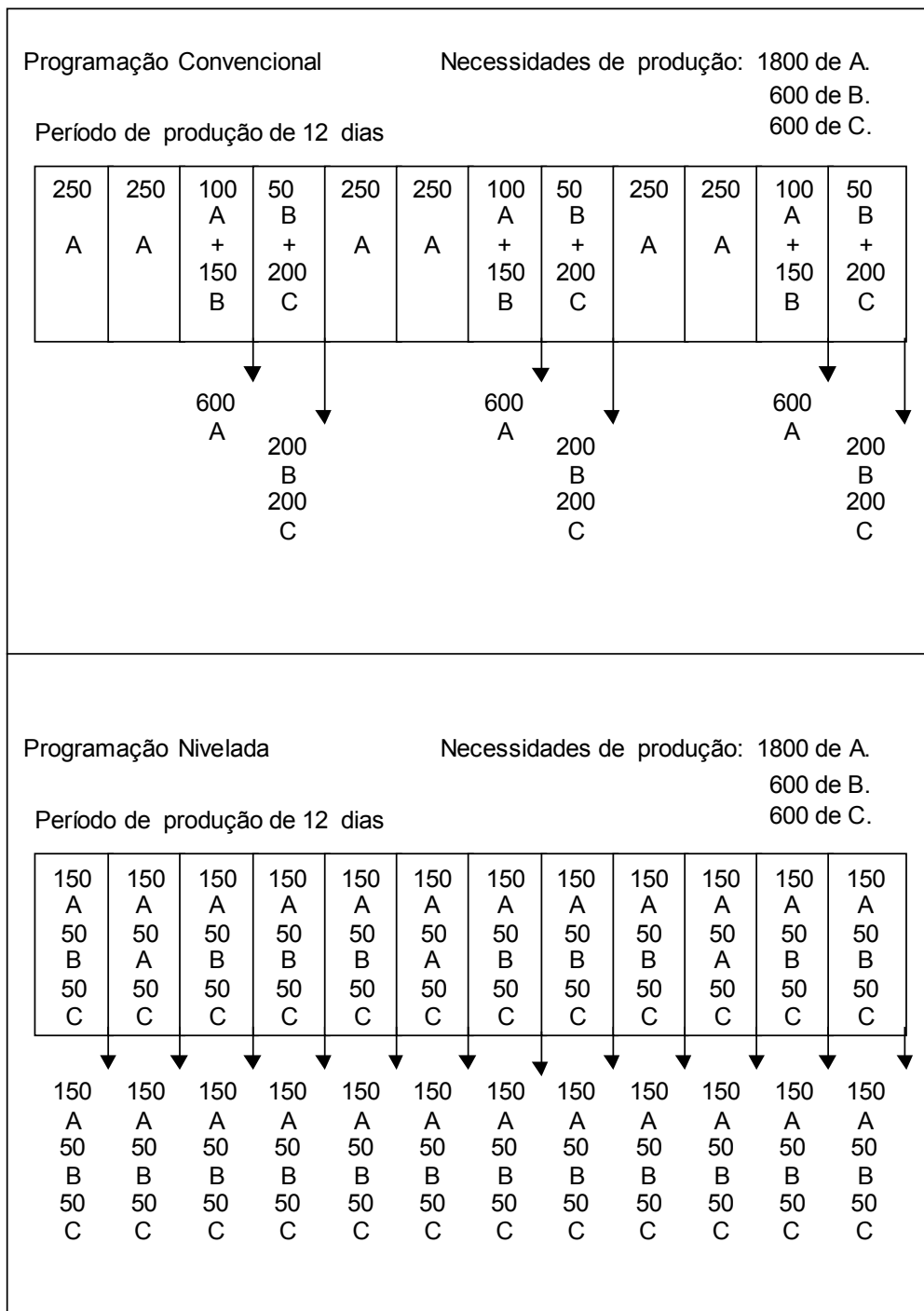
Slack (1999, p.369) comenta: “Heijunka é a palavra japonesa para o nivelamento da produção, de modo que o mix e o volume sejam constantes ao longo do tempo”.

Para Shingo (1996) o nivelamento da produção é definido como sendo Produção Mista e Segmentada, cujas vantagens são: distribuição da carga dos recursos, favorece o balanceamento tanto dos processos de fabricação como o de fornecimento de terceiros, o estoque pode ser bastante reduzido, elimina a necessidade de estocar produtos acabados e a eficiência total aumenta pelo fato da divisão do trabalho ficar limitada com a produção dos itens por um grupo de pequeno de trabalhadores. Já a maior desvantagem é o aumento do número de setups.

Monden (1984) considera a produção nivelada uma adaptação para atender às variações de demanda em um sistema JIT com inventário reduzido.

A Figura 2.3 mostra a diferença entre a programação convencional e a nivelada.

Figura 2.3 Comparativo entre programação convencional e a Nivelada.



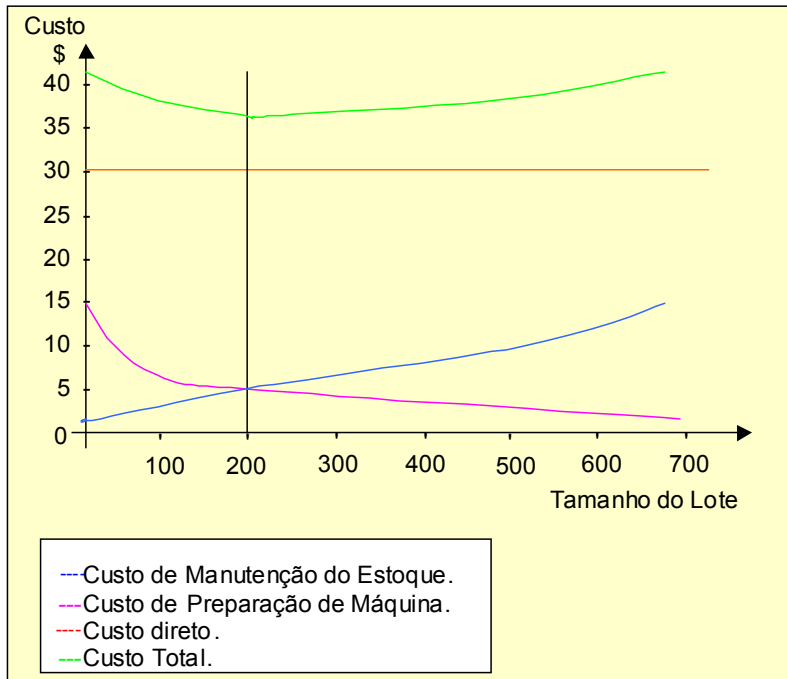
Fonte: adaptado de Slack (1999, p.370).

O sistema de produção, como enfatiza Tubino (1999, p. 81) “busca nivelar sua produção com a demanda de forma a acionar seus recursos apenas na medida em que os clientes forem solicitando seus produtos”.

Para tanto, é preciso identificar o tamanho de lote ideal para o sistema de produção existente, que pode ser definido pela otimização dos custos envolvidos:

para preparar o equipamento e processar o pedido (que diminui com o aumento do tamanho de lote) e o custo de manter os estoques (que aumenta com o aumento do tamanho de lote), conforme mostra o gráfico da Figura 2.4.

Figura 2.4 Gráfico do Lote Econômico.



Fonte: adaptado de Tubino (2000, p. 114).

Dentro da lógica do dimensionamento da quantidade de kanbans, quanto mais nivelado for a programação menor será a quantidade de kanbans no sistema.

2.3.2 Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

Com a implantação do kanban, os lotes de produção tendem a diminuir e conseqüentemente aumentam os números de setups, Shingo (1996, p.112) comenta que “as trocas de matrizes são essenciais, mas consomem demasiado tempo”.

O setup é caracterizado como sendo o intervalo de tempo para proceder à troca de ferramentas, moldes, materiais e ajustes. Compreendendo o tempo decorrido entre o final da produção de um determinado item e o início de produção de um segundo item.

As operações de setups, conforme Shingo (1996) são separadas em dois tipos: operações de setups interno (tempo de preparação interno) que exige que a máquina esteja parada, e operações de setups externo (tempo de preparação externo) que pode ser feito com o equipamento funcionando.

Monden (1984, p.127), define o cálculo do lote mínimo de produção em função do tempo total de setups, conforme demonstrado na equação 2.1.

$$LM_i = \frac{D_i \times \sum_{i=1}^n TSi}{TDR - \sum_{i=1}^n D_i \times TP_i} \quad (2.1)$$

Onde:

- LM_i = Lote mínimo do i ésimo produto (i variando de 1 a n).
- D_i = Demanda dos i ésimos produtos.
- TS_i = Tempo de setup dos i ésimos produtos.
- TDR = Tempo disponível de produção dos recursos produtivos.
- TP_i = Tempo de produção dos i ésimos produtos.

Com base na equação 2.1, conclui-se que o lote mínimo varia na mesma proporção que o total de tempo despendido com setup internos ao recurso produtivo. Por exemplo, considerando que um equipamento possui um tempo disponível (TDR) de 480 minutos por mês para produz três tipos de peças diferentes (A,B e C) em que as demandas diárias (D_i), os tempos padrões de produção (TP_i) e de Setup (TS_i) para cada peça “ i ” são os seguintes:

Peça	A	B	C
TP	0,50 min.	0,40 min.	0,60 min.
TS	60 min.	60 min.	60 min.
D	270	350	220

Então, de acordo com a equação 2.1, o LM do produto A será:

$$\text{LMA} = 270 \times (60 + 60 + 60) / (480 - (270 \times 0,50 + 350 \times 0,40 + 220 \times 0,60))$$

LMA = 666 peças.

Caso a somatória dos Setups fosse reduzida em 20%, o lote mínimo também seria reduzido na mesma proporção, ou seja, o LMA se reduziria a 533 peças. Isso mostra a importância em reduzir ao máximo o tempo de Setup.

Shingo (1996) apresenta 8 técnicas de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) para reduzir o tempo de setup. A primeira compreende em separar os setup internos e externos, a segunda em converter setup interno em externo, a terceira em padronizar a função, a quarta em utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos, a quinta em utilizar dispositivos intermediários, a sexta em utilizar operações paralelas, a sétima em eliminar ajustes e a oitava em mecanização.

Shingo (1996) define também quatro estágios conceituais que a TRF passa de forma progressiva. O primeiro estágio é uma situação preliminar na qual não é feita a distinção entre setup interno e externo. Muitas ações que poderiam ser realizadas como setup externo são executadas quando a máquina está parada, como por exemplo a procura de ferramentas ou manutenção de matrizes. O estágio dois é considerado o mais importante na implementação da TRF. É nesse estágio que o setup interno e o externo são separados. No estágio três são analisadas as operações de setup atual para determinar se alguma atividade considerada setup interno pode ser convertida em setup externo. No estágio quatro procura-se examinar as operações de setup interno e externo para observar eventuais oportunidades de melhoria, sendo que deve ser levada em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

2.3.3 Manutenção Preventiva, Preditiva e Produtiva Total

Manutenção, segundo Slack (1999, p. 491) “é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas cuidando de suas instalações físicas”.

Shingo (1996) comenta que, no STP, quando há algum problema com a operação de um trabalhador ou máquina, interrompe-se a operação ou máquina imediatamente, onde o importante é, a identificação da causa para que solução adotada evite a recorrência da mesma. Isso demonstra o nível de autonomia dada aos operadores e o comprometimento da alta gerência.

A adoção de sistemas de manutenção que previnam as paradas de máquina, de forma que a produção não seja interrompida sem planejamento prévio, são de suma importância para atingir o JIT.

Ohno (1997) comenta que o STP acentua em todos os processos de produção a necessidade da prevenção, sendo esta melhor do que a cura.

Com este enfoque, a manutenção preventiva consiste em executar uma série de trabalhos, como troca de peças, lubrificação, limpeza etc., segundo uma programação pré- estabelecida e definida em função de históricos e instruções dos fabricantes.

Segundo Martins e Laugeni (1998, p.351) este tipo de manutenção exige muita disciplina da equipe de manutenção e de produção, devendo esta última se programar para disponibilizar os equipamentos nas datas e períodos pré estabelecidos.

A Manutenção Preditiva consiste em monitorar parâmetros ou condições de equipamentos e instalações, antecipando a identificação de um futuro problema. Por exemplo: através de análise química do óleo de corte de uma máquina, pode-se detectar problemas de desgastes nas ferramentas de corte. Através da análise de fotos infravermelhas, pode-se detectar superaquecimentos em painéis elétricos. Eixos podem ser monitorados através das vibrações em tempo real, utilizando-se de sensores e software que interpretam os dados colhidos.

Da mesma forma que na Manutenção Preventiva, com a Manutenção Preditiva pode-se programar a parada do equipamento para reparo e assim evitar interrupções durante o processo produtivo.

A Manutenção Produtiva Total é parte integrante da Qualidade Total, onde os operadores de máquinas são treinados para diagnosticar com certa antecedência os problemas com o equipamento e de qualidade em geral, atuando de forma preventiva, evitando assim paradas não planejadas.

Para Martins e Laugeni (1998) a Manutenção Produtiva Total se caracteriza mais por ser uma filosofia gerencial, atuando de forma organizacional, no comportamento de todas as pessoas diretamente envolvidas com o processo produtivo, visando atingir a então denominada zero quebra ou falha.

Segundo Slack (1999) “os donos do processo são treinados e incentivados a assumir responsabilidades por suas máquinas, executando atividades rotineira de manutenção e reparos simples”. Com este enfoque os operadores com suas experiências e convívio com os equipamentos poderão também diagnosticar um problema prematuramente, resolvendo-o quando estiver em dentro de seu alcance e ou acionando o pessoal da manutenção de forma a programar a parada do mesmo e com isso não prejudicar o atendimento das demandas.

2.4 O Sistema Kanban

O Kanban é uma das ferramentas da filosofia do Sistema Toyota de Produção (STP), cujo objetivo principal é puxar a produção. Sua utilização é muito ampla, podendo o mesmo ser implantado em diversas áreas de atuação como serviços, escritório e produção.

Shingo (1996) esclarece ainda que os sistemas Kanban representam um meio para a melhoria total e contínua dos sistemas de produção. Sua maior importância está em estabelecer o número de Kanban para regular o fluxo de itens globais, manter o estoque a um número mínimo e proporcionar controle visual para que estas funções sejam executadas com precisão. Isso contribui para a simplificação do trabalho administrativo e para dar autonomia ao chão da fábrica. Estes sistemas podem ser aplicados apenas em fábricas com produção repetitiva. Mas não haverá muitas influências se existirem instabilidades temporais ou quantitativas. O tipo de produção que normalmente se beneficia mais é a que utiliza processos comuns de transformação dos materiais.

Para que isso ocorra de forma eficaz, faz-se necessário que o dimensionamento leve adequadamente em consideração todas as variáveis que o influenciam. O kanban tem a função de fornecer informações às estações de trabalho precedentes, controlando o processo de fabricação, além de tornar aparente os problemas no fluxo de materiais.

Para Ohno (1997, p. 48) “o Kanban é uma força poderosa para reduzir mão-de-obra e estoques, eliminar produtos defeituosos, e impedir a recorrência de panes”.

Segundo Tubino (1999, p. 87) “O sistema Kanban, na sua forma de agir, simplifica em muito as atividades de curto prazo desempenhadas pelo PCP dos

sistemas de produção JIT, delegando-as aos próprios funcionários do chão de fábrica”. Com a implementação do kanban, a programação da produção emite as ordens apenas para o último estágio do processo produtivo.

Produção puxada, na definição de Womack e Jones (1998, p. 45) “significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite”. Para os autores, a prática desta regra é complexa, havendo a necessidade de iniciar com um cliente real manifestando a demanda de um produto real e prosseguindo no sentido inverso, percorrendo as etapas para levar o produto ao cliente.

Conforme Shingo (1996, p. 215) “dentro de um sistema puxado de produção, o kanban tem um papel fundamental de limitar o fluxo de produto, eliminar perdas e manter o estoque a um nível mínimo”.

Conforme Shingo (1996) o sistema kanban foi inspirado no funcionamento dos supermercados, cuja as características são:

- Os consumidores escolhem as mercadorias conforme suas necessidades.
- trabalho dos empregados é menor, uma vez que os consumidores levam suas mercadorias às caixas registradoras.
- reabastecimento é realizado na mesma proporção da retirada.

Dentro do funcionamento do kanban os supermercados são dimensionados e posicionados estrategicamente entre os processos de forma a garantir o atendimento das demandas dentro de uma filosofia JIT nas diversas etapas do mesmo.

2.4.1 Funcionamento do Kanban

Embora cada Sistema Produtivo tenha suas características próprias, para que se tenha êxito na implantação de um sistema de gerenciamento por meio de kanbans é desejável que o mesmo seja em lotes repetitivos, adotando sistemas de troca rápida de ferramentas, manutenção e qualidade que previnam as paradas dos equipamentos e produção de peças defeituosas, buscando um nivelamento e sincronização da produção com demandas o mais estáveis possíveis. Outro ponto fundamental para o sucesso de uma implementação do

kanban é a disciplina operacional de todas as pessoas envolvidas no sistema, associado ao correto dimensionamento da quantidade de kanbans.

Ohno (1997) define as funções e as regras do Kanban, as quais são descritas na Figura 2.5.

Figura 2.5 Funções e as Regras do Sistema Kanban.

Funções	Regras para Utilização
1 Fornecer informações sobre apanhar ou transportar.	1 O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo Kanban no processo precedente.
2 Fornecer informações sobre a produção.	2 O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo Kanban.
3 Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	3 Nenhum item é produzido ou transportado sem um Kanban.
4 Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias	4 Serve para afixar um Kanban às mercadorias
5 Impedir produtos defeituosos para identificação do processo que os produz.	5 Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6 Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques.	6 Reduzir o número de Kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: Ohno (1997, p.48).

A produção e a movimentação dos componentes em um sistema kanban ocorre de forma visual. Tubino (2000) esclarece que são usadas sinalizações normalmente baseadas em cartões kanban e painéis porta-kanbans, responsáveis pela comunicação e funcionamento de todo o sistema.

2.4.2 Cartões Kanban

Segundo Moura (1996) a tradução literal de kanban é “registro visível” ou “placa visível” e de maneira geral passou a significar “cartão”.

Os cartões devem ser confeccionados com material que resista a intenso manuseio. Durante o funcionamento do sistema é de suma importância manter a

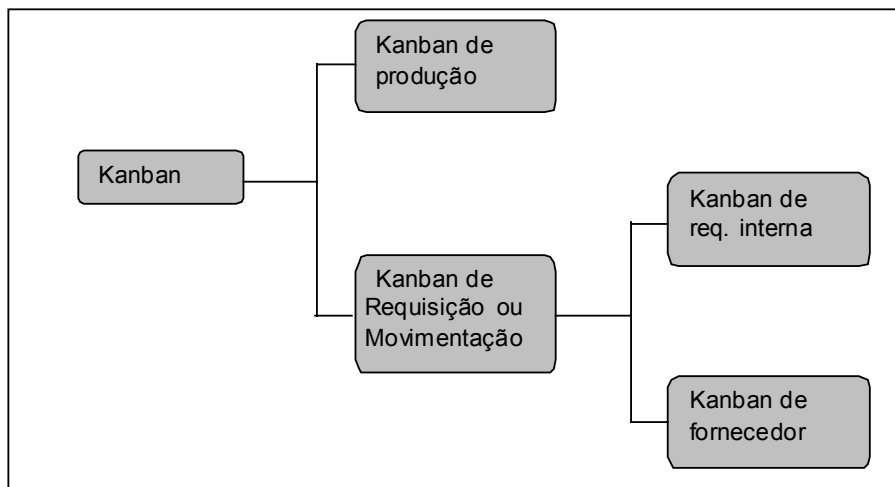
integridade dos mesmos, uma vez que servirão como ordens para a produção e movimentação dos itens.

Conforme Shingo (1996, p. 213) no controle do processo comum três rótulos cumprem as principais funções do sistema:

- Etiqueta de identificação – indica o que é o produto;
- Etiqueta de instrução da tarefa – indica o que deve ser feito, em quanto tempo e em que quantidades;
- Etiqueta de transferência – indica de onde e para onde o item deve ser transportado.

Dentro da dinâmica do kanban um cartão representa um contentor com uma quantidade fixa de itens e conforme demonstrado na Figura 2.6, de acordo com Monden (1984), Tubino (2000), Shingo (1996) e Moura (1996) os cartões Kanban são classificados em dois grupos dependendo da função que exercem: os cartões Kanban de produção e os cartões Kanban de requisição ou movimentação.

Figura 2.6 Subdivisões dos cartões kanban.




Fonte: adaptado de Tubino (1999, p.197).

O cartão kanban de produção também denominado de Kanban em processo, de acordo com Tubino (2000, p.197) “é empregado para autorizar a fabricação ou montagem de determinado lote de itens, tendo sua área de atuação restrita ao centro de trabalho que executa a atividade produtiva dos itens. Estes cartões executam as funções das ordens de fabricação e montagem dos sistemas convencionais de PCP.”.

Para Shingo (1996 p.214) “kanban de produção serve como etiqueta de identificação e de instrução de tarefas”

Para uma operação adequada os cartões kanbans de produção devem conter algumas informações básicas, como: Identificação do Fornecedor, descrição e código do item, local de estocagem, quantidade de peças por contentor, tipo de contentor, materiais necessários para produção do item com sua localização, número de emissão do cartão, etc. A Figura 2.6 apresenta um exemplo de cartão kanban.

Figura 2.7 Exemplo de Cartão kanban de produção / requisição.

Fornecedor		Centro de Trabalho									
Código do Item		Local de Estocagem									
Descrição do Item											
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Materiais Necessários</th> </tr> <tr> <td>Código</td> <td>Localização</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Materiais Necessários		Código	Localização					Quantidade de peças por contentor	Tipo de contentor
Materiais Necessários											
Código	Localização										
		Num. de emissão									

Fonte: adaptado de Tubino (2000, p.198).

Os kanbans de requisição e movimentação autorizam a movimentação dos itens entre clientes e fornecedores, cuja as localizações físicas de ambos são distantes entre si. Normalmente quando os clientes e fornecedores pertencem ao sistema produtivo interno estes cartões são denominados de kanban de requisição entre processos e quando os fornecedores são externos são denominados de kanban de fornecedor.

Este trabalho estará focando exclusivamente o dimensionamento da quantidade de kanbans entre clientes e fornecedores internos a organização.

2.4.3 Quadro Kanban

O painel porta kanbans, segundo Tubino (2000, p. 200) “é empregado para sinalizar o fluxo de movimentação e as necessidades de reposição dos itens por parte dos fornecedores, internos ou externos, de uma estação de trabalho”.

O Quadro ou Painel Kanban orienta visualmente os operadores de chão de fábrica sobre o que deve ser produzido, montado, requisitado ou movimentado, proporcionado também um acompanhamento do nível de estoque atual, um correto monitoramento fornece valiosas informações para uma otimização do sistema produtivo como um todo. O modelo Japonês do quadro kanban é o mais utilizado. Faz uso das cores (geralmente verde, amarelo e vermelho) para sinalizar as prioridades de produção, de acordo o consumo existente. O quadro se apresenta em forma de uma matriz sendo que as colunas separam os itens, e as linhas coloridas definem a priorização e o seqüenciamento destes na produção. Os cartões kanbans são posicionados no quadro seguindo a seguinte regra: primeiro preencher as faixas verdes, segundo preencher as faixas amarela e por último preencher as faixas vermelhas, sempre no sentido da ultima faixa verde para a vermelha, conforme quantidades definidas para cada uma delas. Quando a faixa vermelha estiver com todos os cartões significa que o supermercado do referido item está vazio e portanto a priorização de produção deverá ser dada ao item cuja as faixas ocupadas com cartões sejam primeiro a vermelha, depois as amarelas e por último as verdes. Sempre priorizando o item cuja o preenchimento total das faixas do quadro esteja mais próximo de ocorrer.

Conforme Tubino (1999) quando os kanbans estão posicionados apenas na cor verde significa condições normais de operação, quando atingem a cor amarela significa atenção e quando atingem a com vermelha significa urgência.

Moura (1996) faz uma analogia das faixas com o controle de estoque, onde as faixas verdes corresponderiam às quantidades de peças entre o ponto de pedido e o estoque máximo, a qual seria baseado no tempo que a peça que terminou de ser processada irá esperar para ser processada novamente, as faixa amarelas corresponderiam as quantidades de produtos entre o ponto de pedido, a qual seria baseado no tempo de fabricação do lote de peças, as faixas vermelhas corresponderia às quantidades de peças destinada a segurança em função das ineficiências do sistema.

A Figura 2.8 apresenta um exemplo de quadro kanban, onde abaixo de cada item é definido a quantidade de cartões por faixa.

Figura 2.8 Quadro Kanban.

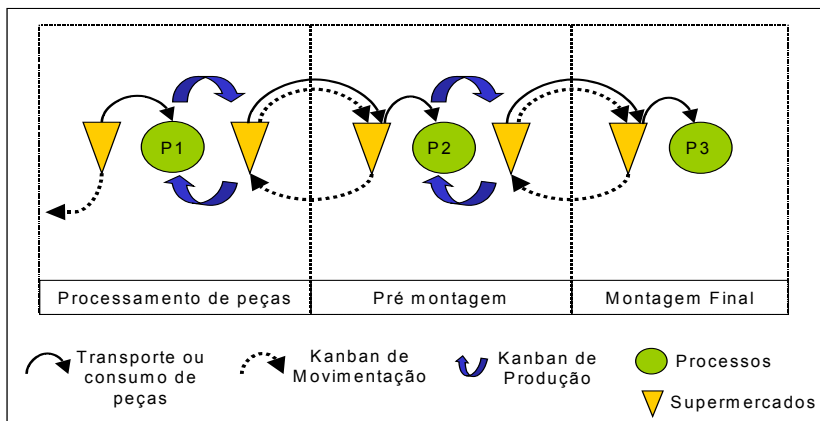
QUADRO KANBAN					
Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6
4	2	1	2	3	2
1	1	1	1	1	1
2	1		1	2	1
3	2	1	4	3	2
4	3	3	4	4	2
4	2		5		3

Fonte: adaptado de Andrade (2002).

2.4.4 Fluxo e Controle da Produção Puxada

No sistema de Produção Puxada, a informação flui no sentido oposto à movimentação de materiais. Como se pode observar na Figura 2.9, são os processos posteriores da cadeia produtiva que repassam as informações (kanbans) aos processos precedentes. Já o fluxo de materiais ocorrem do processo precedente para o posterior. Normalmente o PCP se preocupa em programar o último processo da cadeia produtiva e a circulação contínua dos cartões cria uma linguagem e um fluxo único de comunicação entre os diversos processos do sistema, favorecendo a diminuição da burocracia por meio da eliminação das ordens de fabricação, de requisições de materiais e pela simplificação dos controles durante o processo.

Figura 2.9 Fluxo dos Kanbans.

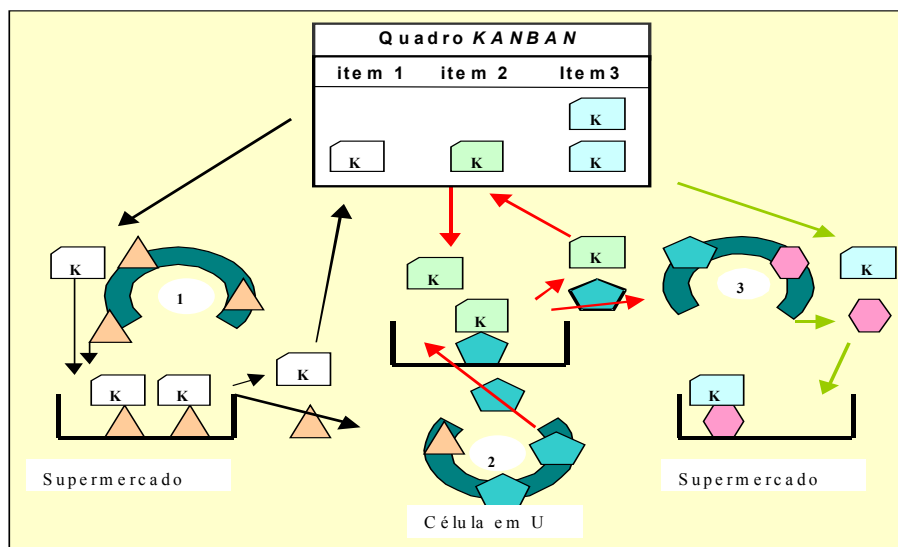


Fonte: adaptado de Shingo (1996, p.217).

Womack e Jones (1998) esclarecem que atividades como criação, emissão de pedidos e provisão de bens e serviços de toda sorte podem ser transformadas em fluxo.

Conforme a distância entre as células de produção podem ser usados sistemas com um ou dois cartões de sinalização. Se os processos produtivos são fisicamente próximos, é indicado o uso do sistema com um único cartão gerenciador, um Kanban de produção, que serve como sinalizador de produção para o processo precedente, e fica afixado junto ao item produzido estocado no supermercado como mostra o fluxo apresentado na Figura 2.10 Este mesmo supermercado de matérias primas para o cliente interno é o estoque de produtos em processo para o fornecedor interno.

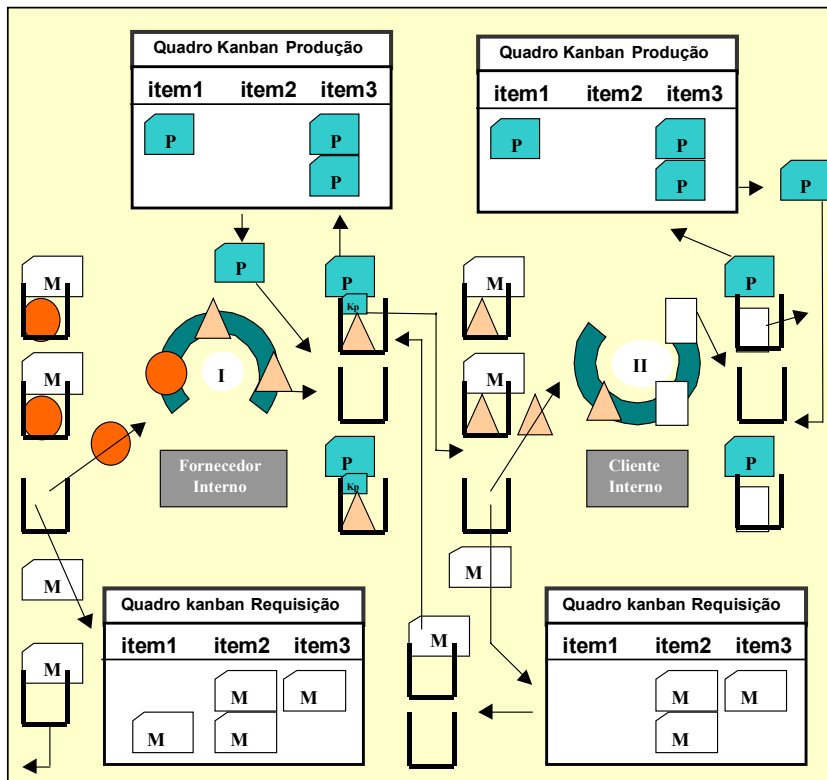
Figura 2.10 Sistema com um cartão kanban.



Fonte: Andrade (2002) adaptado de Tubino (1997, p. 207).

Já o sistema kanban com dois cartões (produção e requisição) é usado quando o fornecedor e o cliente estão distantes entre si. Nesse caso há a necessidade de dois painéis porta kanban, um localizado no fornecedor e outro no consumidor. Embora a matéria prima do cliente seja os produtos processados dos fornecedores, em função da distância entre eles faz-se necessário a criação de dois supermercados independentes, sendo o fluxo dos cartões de movimentação e dos itens entre os supermercados de produtos processados do fornecedor e o de matéria prima dos clientes operacionalizado por uma pessoa responsável pelo transporte. A circulação dos cartões de produção fica restrito entre o supermercado de produtos processados e o quadro kanban do fornecedor. A figura 2.11 representa este sistema.

Figura 2.11 Sistema com dois Cartões.



Fonte: Andrade (2002) adaptado de Tubino (1997, p. 205).

O Sistema Kanban com fornecedores funciona da mesma forma que o sistema com dois cartões, onde os responsáveis pelo transporte dos cartões de movimentação e dos itens entre os fornecedores e os clientes possuem uma frequência pré definida, sendo que em cada viagem os supermercados dos clientes são supridos com os itens correspondentes aos cartões kanbans recolhidos do quadros kanbans na viagem precedente e novo recolhimento de

cartões é realizado para retornar ao fornecedor e acionar o quadro kanban de produção.

Para maior eficiência do sistema, de acordo com Tubino (1999, p. 101), “não basta que o fornecedor faça as suas entregas freqüentes em pequenos lotes na fábrica do cliente, mas sim, que ele sincronize seu processo produtivo com essa freqüência de entregas, reduzindo os custos totais da cadeia produtiva”.

2.4.5 Dimensionamento da quantidade de Kanbans

No que se refere ao dimensionamento do sistema kanban, conforme Tubino (2000) dois aspectos devem ser considerados: o tamanho do lote de cada cartão e do respectivo contentor e o número total de cartões e contentores de um item, definindo o estoque total do item no sistema produtivo. Com base nessa definição, faz-se necessário definir os dois fatores acima mencionados. Moura (1996) sugere que a definição do tamanho do lote kanban deve ter como base a possibilidade de ser transportável pelo operador, sem auxílio de veículos, sendo o número de peças uma função do volume e peso do item. Tubino (2000) advoga que a variedade de tipos e tamanhos de contentores que circulam no sistema deve ser reduzido ao máximo, no sentido de simplificar e padronizar o sistema de movimentação e armazenagem e assim o tamanho do lote kanban de cada item deve se adaptar aos tamanhos pré definidos.

Monden (1984), Moura (1996) e Tubino (2000) utilizam notações diferentes para definir quantidade total de kanbans no sistema (NK), porém, o significado é o mesmo e está representado na equação 2.2, que representa uma função do lead time total para produzir e disponibilizar os lotes de peças no sistema produtivo mais um coeficiente de segurança para atender às ineficiências do mesmo.

A equação 2.2 é composta por duas partes. Conforme Tubino (2000) a primeira parte corresponde a quantidade de kanbans de produção e a segunda se refere à quantidade de kanbans de movimentação.

Monden (1984) define a primeira parte como sendo a quantidade de kanbans no sistema de retirada constante com quantidades constantes e a segunda a quantidade de kanbans no sistema de retirada com ciclo constantes. Essa última (que não é foco desse trabalho), é utilizada para sistema cuja a distância entre os fornecedores e seus clientes é longa ou o processo envolve

apenas o transporte de produtos para os pontos de consumo, como por exemplo material comprado de terceiros.

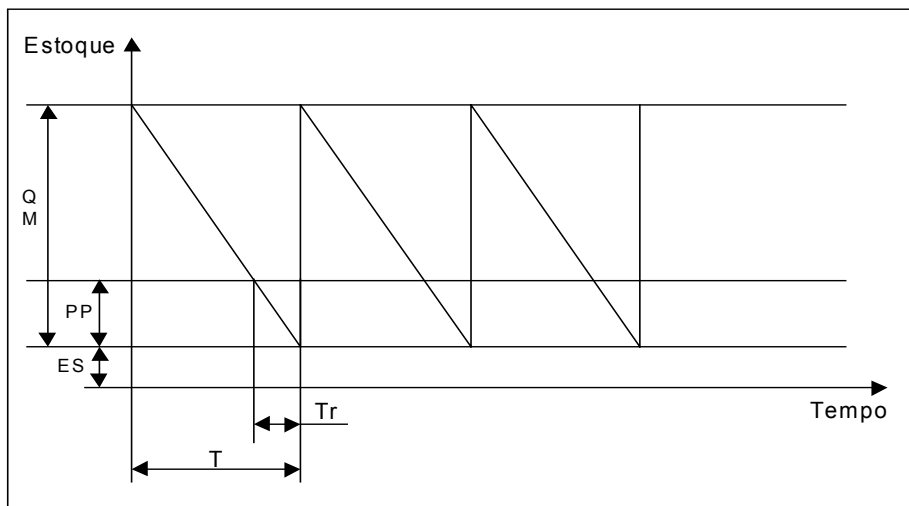
$$NK_i = (D_i / Q_i) \times (T_{\text{prod.}i} \times (1 + S)) + (D_i / Q_i) \times (T_{\text{mov.}i} \times (1 + S)) \quad (2.2)$$

Onde:

- NK_i = Quantidade de Kanban no sistema do i ésimo item (i variando de 1 a n).
- D_i = Demanda média diária do i ésimo item.
- Q_i = Tamanho do lote por contentor do i ésimo item (itens por Kanban).
- $T_{\text{prod.}i}$ = Tempo total para um Kanban de produção do i ésimo item completar um ciclo produtivo, em percentual do dia, na estação de trabalho (lead time total de produção e disponibilização do item no supermercado).
- $T_{\text{mov.}i}$ = Tempo total para um Kanban de movimentação do i ésimo item completar um circuito, em percentual do dia, entre o supermercado de fornecedor e do cliente (frequência de fornecimento).
- S = Fator de segurança, em percentual do dia.

Segundo Shingo (1996), a equação 2.2 é uma evolução do método de cálculo do ponto de pedido, o qual consiste em determinar o momento que uma ordem deve ser disparada de forma a garantir o atendimento das demandas, com um estoque mínimo possível. A Figura 2.12 mostra o comportamento dos estoques quando adotado o Método do Ponto de Pedido.

Figura 2.12 Gráfico Dente de Serra.



Fonte: adaptado de Shingo (1996, p. 205).

Onde:

- QM = Tamanho do lote de produção da peça a ser fornecida.
- T = Tempo que o lote QM é consumido pelos clientes.
- Tr = Tempo de ressuprimento das peças a serem fornecidas.
- ES = Quantidade mínima de estoque. Funciona como segurança para atender flutuações da demanda, atrasos de entrega devido à quebra de máquina, ausência de trabalhadores, defeitos e qualquer outro problema imprevisto que venha ocorrer na planta do fornecedor.
- PP = Ponto de pedido. Quando o estoque atinge o volume correspondente a este ponto, as ordens devem ser disparadas. O cálculo do ponto PP é dado pela equação 2.3.

Por semelhanças de triângulo pode-se dizer que:

$$(QM / PP) = (T / Tr)$$

Incluindo o fator de segurança “S” o ponto de pedido pode a ser definido pela equação 2.3:

$$PP = QM \times Tr / T + ES \quad (2.3)$$

Se a quantidade de peças por contentor for igual a 1 e considerando que:

- QM = Di = Demanda do item i, no período “T”.

- $Tr/T = (T_{prod.i} + T_{mov.i}) = A$ restrição de tempo para um Kanban de produção mais um kanban de movimentação do item i completar um ciclo produtivo, em percentual do período que a demanda do referido item ocorre.
- $ES = S =$ Estoque de segurança, escrito em função das quantidades dos kanbans de produção e movimentação.

Substituindo os valores na equação 2.3, tem-se:

$$PPi = (Di / Qi) \times (T_{prod.} + T_{mov.}) + S \quad (2.3)$$

Assim, por analogia, comparando as equações 2.2 e 2.3, pode-se dizer que o número de kanbans de um determinado item i (NKi) é igual ao ponto de pedido do mesmo (PPi).

A primeira parte da equação 2.2, denominada de quantidade de kanbans de produção, está representado pela equação 2.4 e será o foco desse trabalho.

$$NKi = (Di \times T_{prod.i} \times (1+S) / Qi) \quad (2.4)$$

Analisando a equação 2.4, pode-se verificar que a mesma é composta de quatro variáveis: a demanda diária do item, a restrição de tempo de produção em percentual do período de consumo das demandas do item, a quantidade de peças por contentor do item e o fator de segurança. Com esse enfoque a variável $T_{prod.}$ representa o lead time total do sistema e é composta por outras, dependendo do sistema e do processo produtivo, conforme segue:

Para Moura (1996) e Monden (1984) a variável $T_{prod.}$ é composta das seguintes variáveis: tempo de processamento (T_{proc}) e tempo de espera (T_{esp}).

- $T_{proc} =$ Tempo de processo. Tempo necessário para um contenedor kanban completar o ciclo na estação de trabalho, em percentual do dia. Este por sua vez é função de outra variável, o número de set up por dia. Exemplo: considerando que se pretende realizar 4 preparações por dia para um determinado item "i", então um contenedor deste item irá circular 1/4 do dia na estação de trabalho, o que representa 0,25 do dia. Assim:
- $T_{proc.i} = 1/4$ do dia = 0,25 do dia.

- T_{esp} = Tempo de espera. Tempo necessário para um contentor completar o circuito entre a estação de trabalho que produz a peça e a estação de trabalho que a consome, em percentual do dia. Exemplo: considerando que, após as peças serem produzidas e curadas, é necessário transportá-las até o ponto de consumo, sendo este tempo igual a 30 minutos e um dia de produção igual a 480 minutos. Assim:

$$T_{esp} = 30/480 = 0,0625 \text{ do dia.}$$

Outra variável é o fator de segurança (S), Monden (1984) comenta que um fator de segurança na ordem de 10 % da quantidade de kanbans seria suficiente para suprir as flutuações da demanda devido à ineficiência do sistema produtivo. Moura (1996) e Tubino (2000) não comentam qual o nível de segurança ideal, mas utilizam também o percentual de 10% em seus exemplos.

2.5 Trabalhos Relacionados com o Dimensionamento da Quantidade de Kanbans

Com o intuito de analisar especificamente de que maneiras o dimensionamento da quantidade de kanbans tem sido desenvolvido, buscou-se pesquisar dissertações, publicações e artigos de periódicos sobre o assunto, trabalhos estes que serão abordados a seguir.

Andrade (2002) elaborou um modelo para implantação do sistema Kanban em malharias integrantes de uma cadeia produtiva têxtil, onde os produtos são desenvolvidos apenas para cada estação do ano e têm, conseqüentemente, um ciclo de vida curto. O sistema produtivo desse setor não possui comportamento em lotes repetitivos e as previsões de demandas são subjetivas, baseadas na experiência das pessoas. Assim, o modelo proposto depende da satisfação de três pressupostos básicos, conforme segue:

- Pressuposto 1: Existência de concentração de demanda em determinado grupo de malhas; ou seja, no caso de malhas cujos volumes são altos é possível utilizar Kanban para administrar grupos de teares dedicados às mesmas.
- Pressuposto 2: A previsão de demanda é relativamente confiável. Isso permitirá o dimensionamento e a administração dos supermercados de

malhas nas diversas fases do ciclo de vida.

- Pressuposto 3: A empresa deve possuir disponibilidade de recursos (teares) flexíveis e compatíveis com os vários grupos de malhas, de forma que seja possível um deslocamento rápido dos mesmos para atender às variações de demanda previstas

Segundo o autor, a necessidade de atender aos pressupostos dá-se em função de as malharias normalmente apresentarem grandes variedades de itens produzidos com ciclos de vida curtos, o que torna difícil a aplicação prática de um sistema Kanban. Para verificação desses pressupostos, o modelo utiliza a técnica de classificação ABC, ou técnica de Pareto, e de focalização da produção. Conforme o autor, as malhas de classe “A e B” normalmente representam cerca de 80% do volume da demanda, os outros 20% correspondendo às de classe “C”. Assim, o autor

utilizou recursos dedicados para produzir as malhas “A e B”, evitando setups, e as malhas classe “C” compartilharam os recursos.

Para o dimensionamento das quantidades de kanbans na aplicação prática do modelo, o autor valeu-se da parcela de produção da equação 2.4, adaptando-a conforme segue:

$$NK = (D \times C) / Q$$

onde o lead time e o coeficiente de segurança foram substituídos por um único coeficiente (C), definido para cada grupo de malhas. O coeficiente adotado indica o número de giros de estoque (em dias) com que se pretende trabalhar, ou seja: Coeficiente 1 para as malhas classificadas como “A”, 2,5 para as malhas classificadas como “B” e 10 para as malhas classificadas como “C”.

O tamanho do lote Kanban depende da densidade de cada tipo de malha e é representado por um rolo com peso padrão. Para a distribuição dos kanbans nos quadros adotou-se o seguinte critério:

- No caso de Malhas “A e B” utilizou-se quadro convencional com divisão eqüitativa dos kanbans em cada uma de suas faixas verde, amarela e vermelha.

- No caso de Malhas “C” utilizou-se um quadro especial, onde os kanbans consumidos na semana em curso são coletados e distribuídos em uma parte branca do quadro, para serem então seqüenciados na semana seguinte. Isso só é possível em função do baixo giro definido para essas malhas, devido à sua baixa representatividade no volume total.

A análise do modelo desenvolvido por Andrade (2002) para o dimensionamento da quantidade de kanbans e a distribuição dos mesmos no quadro leva a algumas considerações sobre questões não claramente colocadas pelo autor, conforme segue:

- O que o levou a definir um dia de estoque para as malhas dos tipos “A” e “B”, uma vez que optou por equipamentos dedicados, evitando setups? Considerando que o dimensionamento dos recursos humanos normalmente é função da demanda diária prevista, um dia de estoque era realmente compatível?
- Se o volume das malhas do tipo “C” representava 20% do total, ao optar por um nível de estoque equivalente a 10 dias para as mesmas e considerando que o custo das malhas é proporcional ao volume, o estoque das malhas tipo “C” passaria a representar 71 % do custo total do estoque e o das malhas tipo “A” e “B” 29% do total. Dentro desse enfoque, a estratégia utilizada para o dimensionamento foi realmente eficaz? Os recursos existentes não permitiriam um nível menor de estoques?
- O modelo também não justifica explicitamente o critério de distribuição dos kanbans das malhas tipo “A” e “B” nas faixas verde, amarela e vermelha de forma eqüitativa, ou seja, 1/3 para cada faixa.

Peinado (2000) propõe um modelo para implantação de um sistema Kanban de abastecimento interno e externo, direcionado para um ambiente Just in Time. As fases adotadas pelo autor em seu modelo foram: primeiro, obtenção do patrocínio da alta direção da empresa; segundo, determinação do coordenador do projeto; terceiro, formação de um grupo de trabalho; quarto, unificação conceitual gerencial; quinto, unificação do conceito operacional; sexto, implantação do sistema Kanban interno; sétimo, implantação do sistema Kanban externo.

Enfocando mais especificamente o dimensionamento da quantidade de kanbans do sistema interno, o autor partiu da equação matemática definida pela equação 2.4 e desenvolveu a seguinte equação:

$$NK = (LM / Q) + (ES / Q) + [(D \times Tr) / Q] + 1$$

onde:

- NK= Quantidade de kanbans.
- L M = Lote mínimo de produção.
- Q = Quantidade de peças por contentor.
- ES = Estoque de segurança.
- D = Demanda da peça.
- Tr = Tempo de “ressuprimento”.

Analisando o desenvolvimento do dimensionamento realizado pelo autor, observa-se que:

- O autor incluiu mais uma parcela na equação 2.4, denominada “ressuprimento”. Se o lote mínimo é função do número de setups, conforme demonstrado no item 2.2.3, na medida que este é calculado com o tempo disponível residual do recurso após o carregamento das demandas, por que incluir esta parcela? Isso não leva a um aumento desnecessário do nível de estoque?
- O dimensionamento da quantidade total de kanbans realizado na implementação prática do modelo não explicita quais as variáveis que o influenciavam e como elas foram consideradas.
- O modelo define que os kanbans referentes ao lote mínimo devem ser distribuídos na faixa verde, o estoque de segurança na faixa amarela e o de ressopimento na faixa vermelha. Entretanto, não explica nem por que nem como deve ser realizado o sequenciamento da produção visando evitar falta de produtos aos clientes.

Soares (2004) implantou um sistema Kanban na área de Injeção de tampas do departamento de fabricação V da empresa WEG Motores. O modelo de

Implementação compreende sete etapas, conforme segue: a primeira consiste na definição do sistema Kanban a ser adotado, definição esta que correspondeu à produção com um cartão kanban; a segunda consiste na definição do tipo de contentor e da quantidade de itens no mesmo; a terceira consiste no dimensionamento da quantidade de kanbans para cada item; a quarta consiste na definição do cartão e do painel porta kanban; a quinta consiste na definição do supermercado kanban; a sexta consiste no treinamento dos envolvidos e a sétima corresponde ao acompanhamento da implementação.

Analisando a implementação do sistema Kanban no tocante ao dimensionamento do mesmo, observa-se que o autor tomou como base a equação 2.4, mas sem explicitar quais as variáveis envolvidas nem como as mesmas influenciam no lead time e, conseqüentemente, na quantidade de kanbans. Por exemplo, qual a influência da defasagem entre os períodos de fabricação dos setores nesse cálculo? Outro ponto que permanece em aberto é como foi adotado ou calculado o número de setups e a influencia dos níveis de manutenção e qualidade do sistema. Em relação à distribuição dos kanbans no quadro, o autor também não menciona como o fez. Da mesma forma, não é especificado como deve ser realizado o seqüenciamento da produção.

Lemos (1999) aplicou o modelo sugerido por Danni (1997) para o ajuste do cálculo do sistema Kanban utilizando um software de simulação.

A aplicação do modelo foi realizada no setor de funilaria e soldagem de uma empresa do ramo de fabricação de equipamentos para supermercados. O modelo compreende sete etapas: a primeira e a segunda referem-se ao dimensionamento das quantidades de kanbans e peças por kanban de forma estimada, tendo como premissa manter os recursos produtivos com capacidade ociosa. A terceira é a simulação de ajuste da quantidade de kanbans partindo-se da equação 2.4 usada de forma interativa, na qual a demanda é fixada, o coeficiente de segurança é estimado e o lead time é calculado de acordo com a simulação funcional do sistema. A quarta consiste numa simulação para avaliar o desempenho do sistema produtivo com ajuste do número de kanbans, em que os parâmetros utilizados são a média de utilização dos kanbans pelo sistema e a falta de atendimento das demandas. Se a quantidade de kanbans dimensionados no ajuste for inferior a 10% em relação ao ajuste anterior e não houver falta no

atendimento da demanda, alteram-se as quantidades para o valor calculado. As etapas 5 e 7 consistem em avaliar a capacidade do recurso produtivo; caso exista capacidade para o ajuste realizado passa-se para a etapa 6, onde se inicia nova simulação, mas agora para definir a quantidade de peças por kanban. Conforme a redução na quantidade de peças por kanban for ocorrendo, a quantidade de kanbans será ajustada e a simulação para avaliação do desempenho do sistema validará ou não os novos valores.

Analisando o modelo proposto por Danni (1997), constata-se que não foram levadas em consideração variáveis como: índices de manutenção dos recursos, qualidade, defasagem entre os períodos de produção e consumo das peças.

A aplicação do modelo por Lemos (1999, p.63) mostra que a simples redução de 12 para 8 na quantidade de peças por kanban aumenta de 6336 para 14448 a quantidade máxima de peças no sistema. Isso não é compatível com a equação 2.4, pois a alteração na quantidade de peças por kanban deveria simplesmente alterar pequenas quantidades de kanbans em função de arredondamentos do cálculo, sendo que quanto menor a quantidade de peças por kanban menor deveria ser a quantidade máxima de peças no sistema. Outro ponto importante é o nível de segurança utilizado na aplicação, o qual foi de 40%, não tendo sido explicitados os motivos para tal índice.

Quanto à distribuição dos kanbans nas faixas vermelha, amarela e verde do quadro porta kanban, o autor utiliza, na simulação, basicamente o mesmo critério adotado por Andrade (2002), ou seja, um terço dos kanbans para cada faixa. Assim como no caso de Andrade, os motivos para essa decisão não foram mencionados.

Coelho (2003) investigou uma empresa montadora eletro-eletrônica prestadora de serviços. Seu estudo de caso incluiu duas etapas, descritas a seguir.

A primeira etapa compreende o desenvolvimento de uma metodologia que utiliza matrizes de correlações para avaliar qual sistema de suprimento é o mais indicado para determinado produto - se o sistema Kanban ou o de ordens de produção. As matrizes de correlação utilizadas levam em consideração os seguintes fatores: tamanho do lote de produção, tipo de layout, nível de envolvimento dos operadores, relação entre clientes e fornecedores, nível de

qualidade do sistema produtivo, índice de automação e lead time de produção.

A segunda etapa compreende o desenvolvimento e aplicação de um modelo de simulação para balancear os postos de montagem, otimizando a quantidade de operadores e de peças entre os postos de preparação e montagem em um ambiente JIT; aqui o kanban é utilizado como ferramenta de gerenciamento dos estoques. Esta etapa tem como objetivo principal avaliar qual a melhor localização dos supermercados kanban - se centralizados ou distribuídos diretamente nos postos de trabalho.

O desenvolvimento do modelo de simulação é dedicado ao ambiente da empresa em que o mesmo foi testado, empresa esta montadora de componentes eletro-eletrônicos adquiridos de terceiros e mantidos em estoques. Na aplicação prática de seu modelo o autor inicialmente avalia os fatores que, segundo ele, justificam a implementação do sistema Kanban, mas esses fatores não serão discutidos aqui por não constituírem o foco do presente trabalho.

Em seguida, após identificar os itens passíveis de serem fabricados de forma puxada e utilizando o sistema Kanban como ferramenta de gerenciamento, o autor implanta um sistema de suprimento das linhas de montagem por meio de um supermercado centralizado, onde os diversos componentes presentes em um almoxarifado central da fábrica são abastecidos duas vezes ao dia em outro supermercado próximo aos pontos de consumo para em seguida serem fornecidos nos pontos de consumo.

O dimensionamento da quantidade de peças e kanbans é calculado utilizando-se a parcela de movimentação da equação 2.2, sendo que o fator de segurança inicial foi de 50%. Nessa primeira implementação os resultados mostraram uma redução de material em processo, de 3 dias para 6 horas, mesmo com a utilização de um coeficiente de segurança elevado. A segunda parte da aplicação prática do modelo consistiu em simular a descentralização do supermercado, alocando-o diretamente nos postos de trabalho em que os componentes seriam utilizados e eliminando o fator de segurança do cálculo.

A finalidade principal da simulação foi projetar o tamanho dos supermercados e dos produtos semi-acabados em trânsito entre os postos de preparação e de montagem final, assim como também analisar a performance do sistema mediante a reconfiguração das linhas de montagem variando-se o

número de operadores. No segundo caso, o material em processo passou de 6 para 4 horas e o número de operadores pôde ser reduzido de 10 para 9 pessoas.

Analisando-se a aplicação do modelo constata-se que, para a primeira situação, o autor utiliza um fator de segurança de 50%. Entretanto, segundo Monden (1984, p. 125) o fator de segurança não deve ser superior a 10%. Para a simulação foram adotadas algumas restrições (o sistema não possui quebra de equipamento, não ocorrem atrasos na entrega do material, o consumo dos itens é uniforme) que provavelmente não ocorrem na prática, o que significa dizer que a aplicação prática da solução apresenta grandes riscos de insucesso.

Sengupta, Sharief e Dutta (1999) apresentam um modelo de simulação para determinar o número fixo, ideal, de kanbans e sua distribuição entre as diferentes peças e postos de trabalho em um sistema de manufatura flexível de multi-estágio.

O modelo de simulação utilizou um algoritmo matemático desenvolvido por Hookes e Jeeves e apresentado por Philips (1976), o qual possui um caráter específico, baseado na minimização da função custo. Essa minimização está relacionada a valores de punição decorrentes de demandas não atendidas no tempo solicitado.

Em seu estudo, os autores estabeleceram restrições quanto a quantidade de tipos de peças, quantidade de equipamentos envolvidos, planos de produção e prioridades pré-estabelecidas. A quantidade de kanbans foi mantida fixa e a avaliação da performance foi estabelecida segundo o nível de atendimento da demanda e a necessidade de reprogramação de matéria prima.

O modelo analisou cinco alternativas de distribuição das quantidades de kanbans entre as peças produzida, conforme segue:

- A) Distribuição dos kanbans divididos igualmente entre as peças.
- B) Manutenção dos kanbans em uma fila comum e distribuição dos mesmos de acordo com a demanda de cada peça.
- C) Distribuição dos kanbans em proporção direta à taxa de puxada de cada peça.
- D) Distribuição dos kanbans em proporção direta à taxa de punição pelo não

atendimento da demanda no tempo de cada peça.

- E) Distribuição dos kanbans baseado em um coeficiente de variação da taxa de solicitação de cada peça.

Segundo os autores, o resultado da simulação demonstrou que a alternativa “B” conferiu mais flexibilidade ao sistema.

Gupta e Al-Turki (1997) desenvolveram e aplicaram teoricamente um algoritmo para ajuste do número de kanbans em um ambiente produtivo em que o tempo de processo e a demanda sofrem variações.

O modelo proposto pelos autores consiste em aumentar a quantidade de cartões Kanban no sistema em relação a um nível-base mínimo e distribuí-los nas diversas estações de trabalho. Assim, a quantidade adicional de kanbans é aumentada ou diminuída de acordo com as necessidades, de forma a atender toda a demanda no tempo.

O algoritmo desenvolvido determina o momento e as quantidades de kanbans que devem ser introduzidos ou retirados do sistema e baseia-se nas seguintes premissas:

- Não há variação do mix de produção.
- As estações de trabalho processam uma peça de cada vez observando uma seqüência FIFO.
- O nível de defeitos é igual a zero.
- Os tempos para setups não são levados em consideração.
- Os tempos de parada para manutenção não são levados em consideração.
- A variação da demanda no período deve ser conhecida.

Os resultados obtidos na aplicação teórica, através de simulação, demonstraram que, enquanto o sistema tradicional deixou de atender algumas demandas, o sistema proposto com utilização de algoritmo apresentou um aumento da quantidade de kanbans (estoque) no sistema. Esse aumento se fez necessário para garantir o atendimento total das demandas.

2.6 Considerações Finais

Neste capítulo procurou-se apresentar os conceitos que foram utilizados como base para o desenvolvimento de cada modelo proposto, assim como também os trabalhos mais recentes que abordam o tema em questão.

A pesquisa bibliográfica revelou que, de maneira geral, todos os trabalhos e literatura utilizam-se da equação 2.2 para realizar o dimensionamento da quantidade de kanbans de um sistema. Entretanto, os mesmos não explicitam claramente quais as variáveis envolvidas e como estas influenciaram o dimensionamento da quantidade de kanbans. Pelo que se pôde avaliar, todos adotaram como premissa a teoria de nivelamento perfeito da produção e do sincronismo entre a produção e o consumo dos itens. Outro ponto que chama a atenção diz respeito aos diferentes valores utilizados para o fator de segurança dos sistemas, valores estes que não levaram em consideração variáveis como manutenção dos recursos produtivos e níveis de qualidade dos itens.

Com relação à distribuição dos kanbans no quadro, pode-se observar que os autores utilizaram critérios diferentes, não havendo uma explicação clara dos motivos nem tampouco uma descrição e garantia do funcionamento do seqüenciamento da produção dos itens em kanbans.

Já os algoritmos matemáticos e modelos de simulação apresentados demonstram a adoção de restrições e premissas que tornam suas soluções bastante específicas, de difícil aplicação prática.

Ohno (1997, p.48) afirma que “o Kanban também tem como objetivo mostrar o que é desperdício, permitindo um estudo criativo e propostas de melhorias”. Pelo que foi possível observar nos trabalhos apresentados, o dimensionamento da quantidade de kanbans não explicita a contribuição das variáveis, o que permitiria estabelecer um plano de melhoria para cada uma delas.

De maneira geral, os trabalhos pesquisados reforçam a importância de desenvolver-se um modelo focalizado no dimensionamento da quantidade de kanbans e que busque sistematizar de que maneira as variáveis devem ser levadas em consideração independentemente do nível de nivelamento da produção e da defasagem entre períodos de produção e consumo dos itens, conforme apresentado nesta tese. O presente trabalho inclui também os cálculos

e as contribuições de cada variável de acordo com as características do sistema, ou seja, se o mesmo é com ou sem setups e se é composto de recursos individuais ou grupos.

CAPÍTULO 3 MODELO PARA O DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE KANBANS

3.1 Introdução

Será apresentado neste capítulo o desenvolvimento do modelo proposto para o dimensionamento da quantidade de kanbans considerando a relação entre clientes e fornecedores internos às manufaturas cujo processo produtivo é do tipo em lotes repetitivos.

Embora o modelo tenha como objetivo principal contribuir de forma sistemática para que os conceitos teóricos do dimensionamento da quantidade de kanbans de um sistema produtivo, e as variáveis que o influenciam, sejam corretamente adaptados às situações práticas e adequadamente levados em consideração, convém salientar que, para que se tenha êxito na implementação prática do mesmo, faz-se necessário que a organização, em todos os níveis, esteja comprometida com o sistema Kanban e que as regras básicas para o funcionamento deste sejam respeitadas e cumpridas na íntegra.

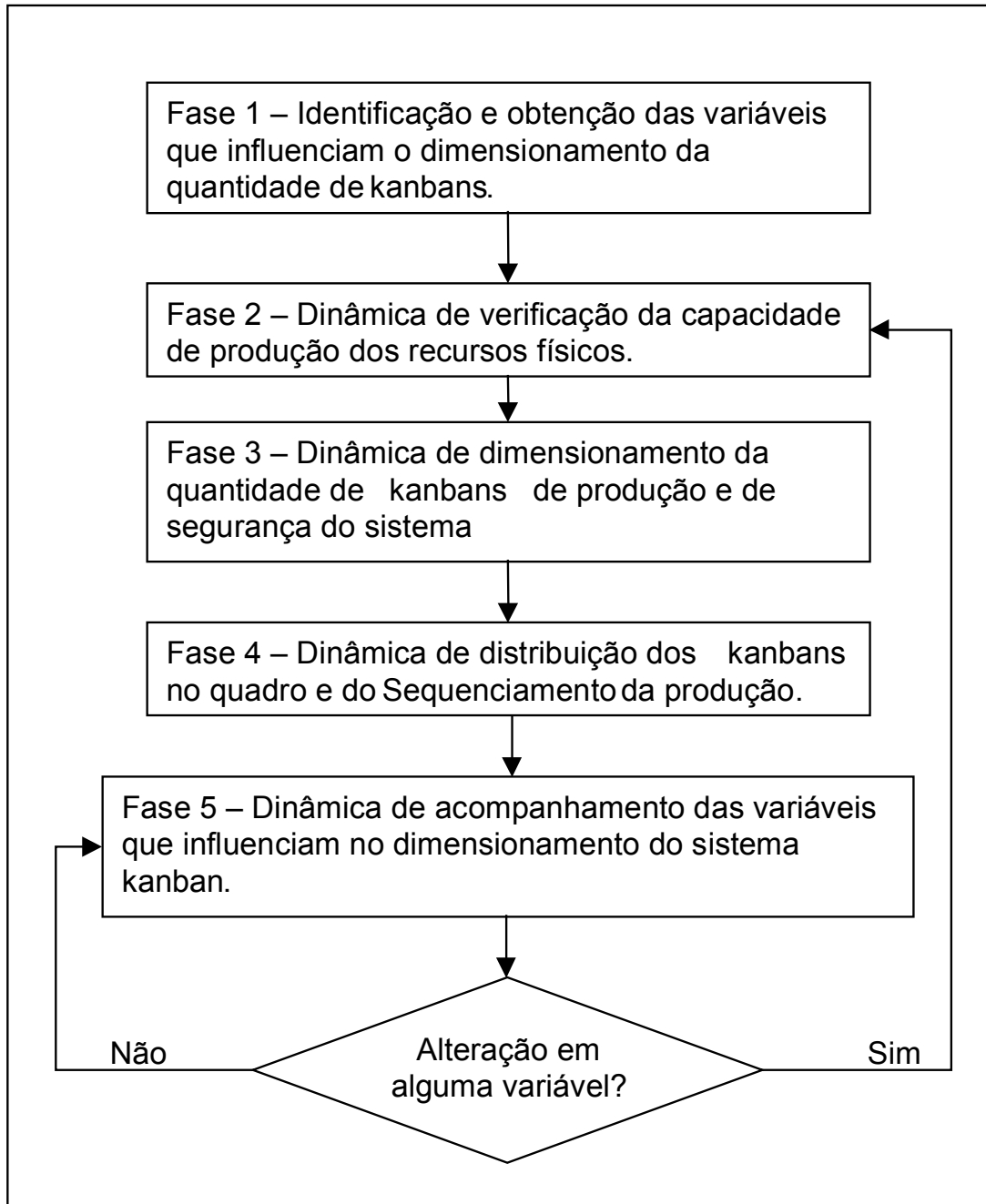
Conforme Moura (1996, p.139), para uma implantação bem sucedida do sistema Kanban é necessária a compreensão básica e correta do sistema em todos os níveis da organização, desde a diretoria até as gerências e os operários.

Os modelos apresentados por Andrade (2002) e Peinado (2000), no Capítulo 2, tratam das fases de implementação do sistema Kanban com muita propriedade, não se fazendo necessário retomar o assunto neste capítulo.

Assim sendo, o modelo proposto, representado pelo fluxograma da Figura 3.1, enfocará exclusivamente o dimensionamento da quantidade de kanbans na relação entre clientes e fornecedores internos a manufaturas cujo processo produtivo é do tipo em lotes repetitivos. Os sistemas Kanban contemplados terão as seguintes características: a) envolvimento de um único recurso produtivo; b) envolvimento de um grupo de recursos produtivos que realizam as mesmas operações em uma mesma etapa do processo; c) envolvimento de um grupo de recursos produtivos que realizam operações complementares em uma ou mais

etapas do processo.

Figura 3.1 Fluxograma do Modelo para Dimensionamento da Quantidade de Kanbans.



3.2 Fase 1- Identificação e Obtenção das Variáveis que Influenciam o Dimensionamento da Quantidade de Kanbans

Nesta fase busca-se identificar as variáveis que estão envolvidas no sistema e como as mesmas se correlacionam e influenciam o dimensionamento da quantidade de kanbans do sistema produtivo.

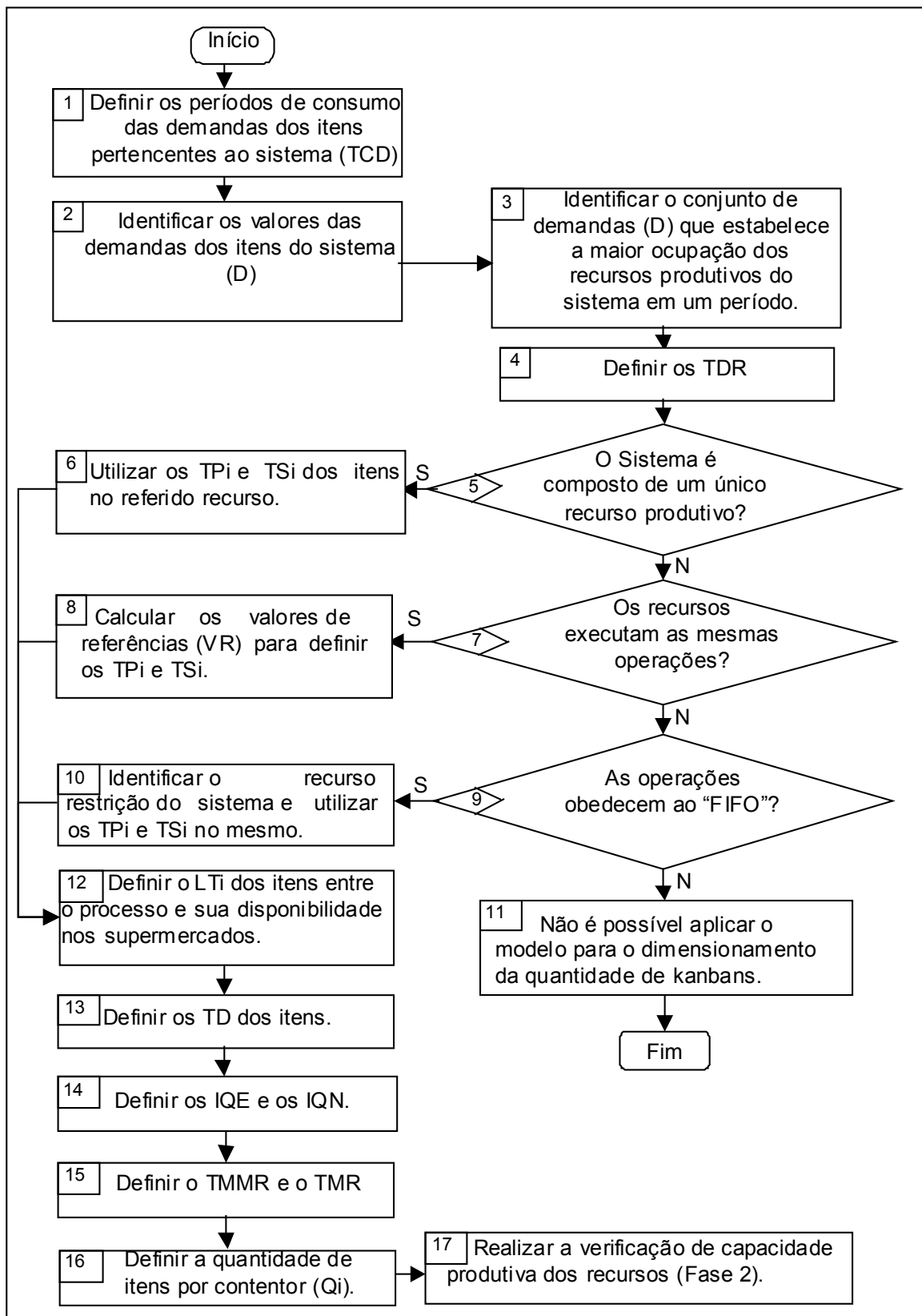
Como todo sistema Kanban, dentro de uma filosofia JIT, este modelo tem como premissa primeira atender às demandas pré-definidas pelo planejamento de curto prazo da organização, com um nível de estoque mínimo possível segundo as disponibilidades dos recursos físicos e humanos dimensionados e as características dos processos produtivos envolvidos. Dentro desse enfoque, de modo geral, o dimensionamento da quantidade de kanbans de produção em um sistema produtivo do tipo repetitivo é função de algumas variáveis principais, quais sejam:

- As demandas dos Itens (D) num determinado período pré-definido;
- Os tempos de produção dos produtos nos recursos produtivos (TP);
- Os tempos de setups dos produtos nos recursos produtivos (TS);
- O tempo disponível dos recursos produtivos (TDR);
- O lead time após a produção dos itens até sua disponibilidade nos supermercados (LT);
- O tempo referente à defasagem entre os períodos de produção e de consumo das demandas (TD);
- O tempo médio (TMMR) e máximo (TMR) de paradas dos recursos produtivos para manutenção, no período de disponibilidade dos mesmos;
- O índice de não qualidade dos itens que se utilizam dos recursos físicos do sistema para serem reprocessados ou repostos (IQE) e dos que não se utilizam (IQN).
- A quantidade de itens por contentor (Q).

Cada uma dessas variáveis principais é, por sua vez, influenciada por fatores que também devem ser levados em consideração.

Dentro da sistemática do dimensionamento da quantidade de kanbans, a Figura 3.6 apresenta o fluxograma para definir as variáveis primárias que influenciam o mesmo, com seus fatores relacionados e que farão parte da dinâmica de cálculo para verificação de produção dos recursos produtivos (Fase 2) e da definição das parcelas correspondente às quantidades de kanbans de produção e de segurança para os itens do sistema (Fase 3).

Figura 3.2 Fluxograma de definição das variáveis primárias.



A etapa inicial para definição das variáveis principais do modelo (Quadro 1 da Figura 3.2) consiste em definir o período de consumo dos itens a ser utilizado no dimensionamento, que passa a ser identificado pela sigla TCD, podendo ser ele por turno de trabalho, por dia, por semana, por mês, etc. Normalmente, quando existe mais de um cliente para o item, deve-se utilizar o tempo de consumo médio das demandas (TCMD).

A etapa seguinte (Quadro 2 da Figura 3.2) consiste em identificar o real nivelamento de produção dos clientes consumidores de itens que farão parte do sistema Kanban e, então, definir os valores e composição das demandas (D) de cada item "i" em cada período. Normalmente, as organizações utilizam-se de um planejamento de curto prazo para estabelecer previsões mais precisas das demandas dos produtos acabados. Essas previsões servem de base para a definição dos recursos físicos e humanos necessários ao atendimento das mesmas e também ao dimensionamento do sistema Kanban. Dentro da dinâmica de dimensionamento da quantidade de kanbans, além da previsão das demandas dos diversos produtos acabados no curto prazo, os quais serão explodidos nos diversos níveis de suas estruturas dando origem aos itens a serem produzidos internamente ou adquiridos de terceiros, é de fundamental importância saber, ou definir, como esses produtos irão ser consumidos pelos seus clientes durante o período utilizado para o dimensionamento dos kanbans. Em outras palavras, é importante saber, ou definir, qual o nível do balanceamento, ou nivelamento da produção, de todos os produtos consumidores dos itens que farão parte do sistema Kanban. Dentro dessa ótica, o sistema puxado de produção poderia ser implementado em qualquer etapa do processo, mas, em função do dimensionamento exigir informações sobre como ocorrerão os consumos de seus clientes, é recomendável que a implementação se inicie do final da cadeia produtiva para o início.

Conforme discutido no Capítulo 2, a meta ideal de uma programação de produção seria buscar um nivelamento perfeito, de forma que o mix e os valores das demandas dos itens no curto prazo fossem constantes para todos os períodos. Nas bibliografias e trabalhos pesquisados, o dimensionamento das quantidades de kanbans adota o nivelamento perfeito como premissa. Na prática, porém, isso nem sempre ocorre, pois depende da restrição de capacidade dos

recursos físicos e humanos dimensionados em cada etapa do sistema produtivo.

Assim, independentemente da característica do sistema Kanban a ser implementado, caso se adote um dia como o período de tempo para dimensionamento do kanban, a correta definição dos valores das demandas dos itens envolvidos no sistema deve iniciar-se pela identificação ou definição do real nivelamento diário de produção dos clientes consumidores dos mesmos, a fim de identificar os valores máximos das demandas dos itens e utiliza-los para o dimensionamento da quantidade de kanbans dos mesmos.

A existência de defasagem entre os períodos de produção e de consumo de itens em sistemas produtivos não sincronizados, e cujas quantidades de setups, considerando-se suas ineficiências, forem maiores que um, pode gerar a necessidade de correção das quantidades de kanbans dos referidos itens. Com uma disponibilidade diária de 480 minutos, e que permita produzir dois produtos simultaneamente, os tempos de produção dos produtos “A”, “B”, “C”, “D” e “E” seriam, respectivamente, 0,7 minutos, 0,5 minutos, 0,6 minutos, 0,6 minutos e 0,4 minutos. Isso totalizaria 387 minutos por dia de ocupação do recurso, implicando que, para atender as demandas em sua totalidade, o recurso despenderia aproximadamente 80,6% de seu tempo disponível. Nessas condições, e admitindo-se ainda que o tempo de setup entre um modelo e outro fosse de 40 minutos, um nivelamento perfeito da produção exigiria realizar no mínimo 3 setups diários (120 minutos), o que ultrapassaria as 8 horas disponíveis. Conseqüentemente, não seria possível atender às demandas previstas em horários normais de produção.

Uma das alternativas para atendimento das demandas em horários normais - o que normalmente se utiliza na prática - seria estabelecer um nivelamento variável que envolvesse no máximo 2 setups diários, onde, por exemplo, os produtos “D” e “E” estariam sendo produzidos em dias intercalados e em volumes correspondentes ao dobro de suas demandas diárias, de forma a reduzir o tempo gasto com setups. A Figura 3.3 mostra o nivelamento da produção perfeito e o variável possível para o exemplo em questão.

Figura 3.3 Nivelamento de produção Perfeito e o Variável.

Programação Nivelamento Perfeito										Necessidades de produção:		8800 de A.
												6160 de B.
Período de produção de 22 dias												7040 de C.
												3300 de D.
												3960 de E.
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	...	22	
400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	...	400	
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	A	
280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	...	280	
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	...	B	
320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	...	320	
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	...	C	
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	...	150	
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	...	D	
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	...	180	
E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E	

Programação Nivelamento variável										Necessidades de produção:		8800 de A.
												6160 de B.
Período de produção de 22 dias												7040 de C.
												3300 de D.
												3960 de E.
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	...	22	
400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	...	400	
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	A	
280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	...	280	
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	...	B	
320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	...	320	
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	...	C	
300	360	300	360	300	360	300	360	300	360	...	360	
D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	...	E	

Desta forma, os valores das demandas D de um grupo de 5 itens que compartilham um mesmo grupo de recursos produtivos, admitindo-se que cada um dos produtos do exemplo anterior consumisse uma peça de um deles, seria: 400 peças do item “A1” consumidas pelo produto “A”, 280 peças do item “B1” consumidas pelo produto “B”, 320 peças do item “C1” consumidas pelo produto “C”, 300 peças do item “D1” consumidas pelo produto “D” e 360 peças do item “E1” consumidas pelo produto “E”.

A etapa seguinte (Quadro 3 da Figura 3.2) consiste em identificar o conjunto

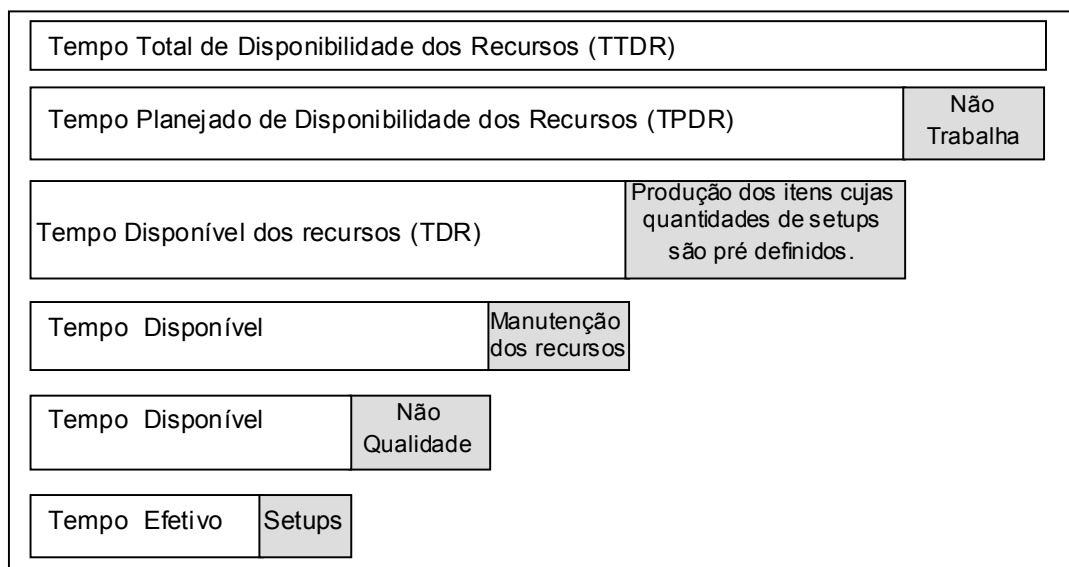
de demandas D_i consumidas em um mesmo período e que mais exigirão da capacidade dos recursos. Estas deverão ser utilizadas para realizar a verificação da capacidade dos recursos (CP) e definir as quantidades de setups do sistema, considerando-se este como isento de ineficiências (NS) e levando em conta os índices de não-qualidade dos itens que utilizam recursos para serem repostos ou reprocessados (NS*) e os índices de paradas dos recursos para manutenção (NS**). No caso do exemplo anterior, o período de maior ocupação dos recursos produtivos dos itens ocorre quando da produção dos produtos “A”, “B”, “C” e “D”, assumindo-se que os tempos de produção e de setups desses itens no recurso produtivo sejam iguais aos dos seus produtos.

A etapa seguinte (Quadro 4 da Figura 3.2) consiste em definir os tempos disponíveis de cada recurso “j” (TDR) a serem utilizados nos cálculos propostos pelo modelo.

Teoricamente, os recursos físicos produtivos estão disponíveis para trabalho 24 horas por dia. Entretanto, as organizações planejam-se reservando parte desse tempo para o atendimento de algumas necessidades humanas, como almoço, banheiro, reuniões e etc, sendo apenas o tempo restante destinado à produção.

Dentro da dinâmica de dimensionamento do modelo proposto, e conforme apresentado na Figura 3.4, será considerado como tempo disponível dos recursos (TDR) todo o tempo planejado de disponibilidade dos recursos (TPDR), o qual é derivado do tempo total de disponibilidade dos recursos (TTDR), compreendendo este as horas normais e extras dentro dos períodos de trabalho e os tempos de manutenção, qualidade e setups. Neste cenário, deduzem-se apenas as parcelas de tempo em que os recursos não estarão disponíveis para trabalho e as parcelas destinadas à produção dos itens que compartilham os mesmos recursos, mas cujas quantidades de setups são pré-definidas em função de os tamanhos de seus lotes de produção não serem economicamente viáveis quando utilizado o número de setups calculado para o sistema.

Figura 3.4 Representação do tempo disponível dos recursos para trabalho.



Por exemplo, admita-se que o tempo total de disponibilidade dos recursos produtivos de um sistema Kanban seja de um turno de trabalho de 8,5 horas em que o TPDR é de 480 minutos, com 30 minutos destinados ao almoço (quando os recursos não estão produzindo) e assuma-se, ainda, que o cálculo da quantidade de setups resulta em 4 trocas para cada um dos itens que compartilham destes recursos durante esse período. Então, se um dos itens possuir um TS igual a 15 minutos e o tempo de produção da demanda total no período for de 45 minutos, talvez seja economicamente mais interessante produzir toda a demanda desse item de uma só vez e com isso realizar apenas um setup. Nesse caso, o TDR para os demais itens passaria a ser de 420 minutos ($480 - 45 - 15$).

A próxima etapa, (Quadros 5, 6, 7, 8, 9 e 10 da Figura 3.2) consiste na definição dos valores TP e TS de cada item, os quais serão utilizados nos cálculos do coeficiente de capacidade (CP) e da quantidade de setups (NS, NS*, NS**) do sistema. As definições destes, por sua vez, dependerão da característica do sistema Kanban: se composto de um único recurso, de um grupo de recursos que executam as mesmas operações ou de um grupo de recursos que executam operações complementares e obedecendo a um fluxo contínuo “FIFO”.

Antes de tudo é importante ressaltar que uma das premissas básicas para que se possa implementar o modelo proposto é que a organização realize suas atividades produtivas com base nos conceitos de métodos e tempos, sendo fundamental, dentro da dinâmica do dimensionamento do Kanban, a garantia de

que os TP e os TS dos itens envolvidos sejam respeitados. Para tal, tanto as atividades produtivas como as de setups devem ser padronizadas e os operadores capacitados, de forma que qualquer operador que as execute o faça seguindo a mesma seqüência e tempos pré-estabelecidos. Moreira (1998, p.292) mostra um exemplo de como uma atividade produtiva pode ser registrada e respectivamente padronizada.

Atendida a premissa acima, a definição dos TP e TS dos produtos envolvidos no sistema dependerá da quantidade de recursos produtivos que os itens estarão compartilhando nas etapas do processo onde o sistema está sendo implementado.

Se o sistema for composto por um único recurso (ou seja, satisfeita a condição expressa no Quadro 5 da Figura 3.2) devem ser utilizados os TP e TS dos itens nesse recurso (Quadro 6 da Figura 3.2).

Se o sistema for composto por um grupo de recursos que executam a mesma operação (satisfeita a condição do Quadro 5 e satisfeita a condição do Quadro 7 da Figura 3.2), os TP e os TS dos itens podem variar de um recurso para outro e com isso gerar várias combinações de produção. Objetivando garantir o atendimento das demandas, o modelo propõe que sejam utilizados, para cada produto, os tempos referentes aos recursos que proporcionem o menor número de setups (NS) do sistema e, conseqüentemente, o maior lote mínimo (LM) de produção por produto. Dentro dessa ótica, os TP e TS de cada um dos produtos a serem considerados no dimensionamento da quantidade de kanbans deverão ser os tempos referentes aos recursos cujo valor de referência (VR), definido pela equação 3.1, seja o menor (Quadro 8 da Figura 3.2).

$$VR_{ij} = [TPDR - (TP_{ij} \times D_i)] / TS_{ij} \quad (3.1)$$

onde:

- i = iézimo item (i variando de 1 a z).
- j = jézimo Recurso produtivo (j variando de 1 a m).
- VR = Valor de referência do produto.
- TPDR = Tempo Genérico Planejado de disponibilidade dos recursos para

produção das demandas (adotar o mesmo valor para todos os recursos).

- TP = Tempo de produção unitário dos itens.
- D = Demanda dos itens no período.
- TS = Tempo de setup dos itens.

Retornando ao exemplo anterior, assumindo-se que o grupo de recursos compartilhados pelos itens seja formado por dois equipamentos (EQ1) e (EQ2) e, ainda, que o tempo genérico disponível planejado dos recursos seja de 480 min, os valores do “VR” nos respectivos recursos serão conforme representado na Figura 3.5.

Figura 3.5 Valores do TP, TS e VR do exemplo onde os itens compartilham um grupo de recursos para executar as mesmas operações.

Item	TP"EQ1"	TS"EQ1"	TP"EQ2"	TS"EQ2"	VR"EQ1"	VR"EQ2"
A1	0,8 min	8 min	0,8 min	8 min	20	20
B1	0,8 min	8 min	0,7 min	12 min	32	23,66
C1	0,6 min	10 min	0,7 min	10 min	28,8	25,6
D1	0,8 min	10 min	0,7 min	12 min	36	31,25
E1	0,6 min	8 min	0,8 min	10 min	46,5	33,6

Em função de o sistema ser do tipo com setups e a quantidade de recursos produtivos ser maior que um, os valores dos TP e TS de cada produto a serem considerados no dimensionamento da quantidade de kanbans devem ser os dos recursos que possuem os menores VR. Então, neste exemplo, os TP e TS seriam os do “EQ1” ou “EQ2” para o item “A1”, e os do “EQ2” para os demais itens.

Embora a definição dos TP e TS a serem utilizados no dimensionamento da quantidade de kanbans para sistemas compostos por um grupo de recursos seja mais trabalhosa que defini-los para os sistemas compostos por um único recurso, suas vantagens são:

- Melhora do aproveitamento das capacidades dos recursos, permitindo um maior carregamento dos mesmos.
- Aumento da flexibilidade do sistema produtivo, pelo fato de os produtos não ficarem cativos a um único equipamento.
- Redução da quantidade de kanbans necessária para suprir as

ineficiências provocadas pela manutenção dos recursos produtivos, uma vez que os índices totais de paradas de manutenção em um mesmo período tendem a ser menores para um grupo de recursos em relação a um recurso individual.

Se o sistema for composto por um grupo de recursos que executam operações diferentes e complementares entre si, obedecendo a um fluxo de produção contínuo conforme o “FIFO” (ou seja, não satisfeita a condição do Quadro 7 e satisfeita a condição do Quadro 9 da Figura 3.2), deve-se inicialmente identificar qual é o recurso restrição “gargalo” (Quadro 10 da Figura 3.2) e, então, utilizar os TP e TS dos itens neste recurso para fins de cálculos. Se a restrição do sistema for composta por um grupo de recursos, deve-se utilizar o cálculo do “VR”, conforme definido no Quadro 8 da Figura 3.2.

Recorrendo-se ao exemplo representado pela Figura 3.6, verifica-se que o recurso-restrição é o de número 2, devendo-se então utilizar os TP e TS dos itens nesse recurso para os cálculos dos CP, NS, NS* e N** do sistema.

A etapa seguinte (Quadro 11 da Figura 3.2) refere-se a uma das restrições para implementação do sistema Kanban em grupos de recursos que realizam operações complementares, restrição essa que deve obrigatoriamente obedecer a um fluxo de produção contínuo segundo o “FIFO”, caso contrário o atendimento das demandas dos clientes poderá ser comprometido pelo fato de não permitir um correto seqüenciamento dos itens, o que inviabilizaria a aplicação do modelo proposto.

A próxima etapa (Quadro 12 da Figura 3.2) consiste em definir o lead time (LT) para a disponibilidade dos itens nos supermercados, expresso em percentual do período médio em que ocorrerão suas respectivas demandas.

De acordo com a filosofia JIT, o sistema produtivo deve ser concebido por meio de um fluxo contínuo e sincronizado no qual os lotes de produção dos diversos produtos ocorrem em quantidades unitárias, eliminando-se as atividades que não agregam valor e geram desperdícios. Com essa visão, conclui-se que as etapas do sistema produtivo cujos produtos estejam em fila de espera, aguardando para serem produzidos ou consumidos, devem ser eliminadas. Desta forma, o LT diferente de zero entre a produção e a disponibilidade dos produtos

no supermercado é considerado indesejável. Na prática, reduzir o LT a zero nem sempre é possível. Conforme apresentado no Capítulo 2, o LT é composto de cinco variáveis secundárias, que serão mais bem detalhadas a seguir, sendo elas: o tempo de espera para ser processado no recurso produtivo (Ter), o tempo de espera entre processos (Tesp), o tempo de coleta dos kanbans (Tck), o tempo de cura (Tc) e o tempo de transporte (Tt).

- **Tempo de espera para ser processado no recurso produtivo (Ter)**

Esta variável corresponde à restrição de tempo que um item aguarda na fila para ser processado, enquanto os recursos produtivos estão ocupados produzindo os demais itens que os compartilham, mais o tempo destinado ao setup, expresso em percentual do período médio em que ocorrerão as demandas dos mesmos. Assim, o “Ter” é função da quantidade de giros diários possíveis dos kanbans na estação de trabalho.

Por exemplo, admitindo-se que o período definido para o dimensionamento do número de kanbans represente 8 horas e que um determinado item seja produzido pelo recurso produtivo duas vezes por dia (isto é, de 4 em 4 horas), tem-se que: $Ter = 2/8 = 0,25$ do período definido.

No modelo proposto, o “Ter” não será considerado para o cálculo do LT e sim para definir a parcela da quantidade de kanbans referente ao lote mínimo de produção de cada item “i” (NKLTMi), sendo este representado pelo inverso do número de setups e assumindo-se um sistema isento de ineficiências (1/NS).

- **Tempo de espera entre processos (Tesp)**

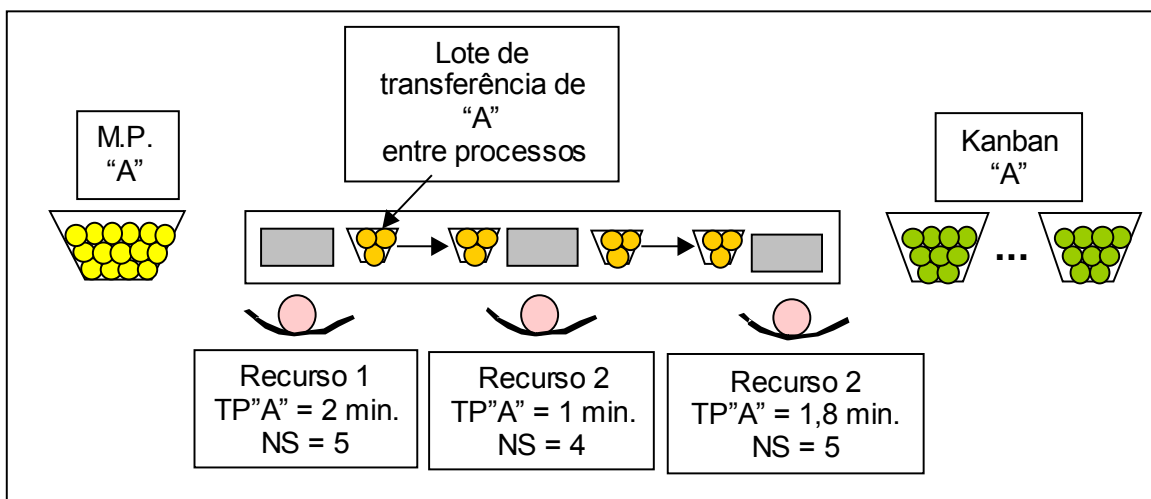
O “Tesp” será representado pelo tempo que os itens esperam na fila entre um processo e outro durante seu processamento e ocorrerá somente quando o sistema for do tipo que engloba um grupo de recursos dedicados a operações complementares. O “Tesp, expresso como percentual do período médio em que ocorrerão as demandas dos produtos e, corresponde à somatória dos tempos em que os mesmos permanecem parados, aguardando para serem transferidos de uma etapa a outra, independentemente da quantidade de recursos envolvidos, que, por sua vez, é função do tamanho do lote de transferência entre processos ou da quantidade de itens por contentor kanban. A restrição de tempo referente

ao recurso gargalo do sistema não deverá ser considerada, em função da mesma já estar embutida no cálculo do lote mínimo de produção dos sistemas com essas características.

Considere-se, por exemplo, um sistema de fabricação composto de 3 etapas, conforme representado na Figura 3.6, com as seguintes características: todos os itens são consumidos durante um período médio de 480 minutos diários (TCMD) em fluxo contínuo e obedecendo ao “FIFO”; o sistema é isento de ineficiências; o número de setups (NS) em cada uma das etapas para uma determinada quantidade de itens é de 5, 4 e 5, respectivamente; a restrição do sistema é o recurso 2; um dos itens (item “A”) só será transferido de um recurso produtivo para o outro em lotes de 10 peças (quantidade de peças por contentor “Q”); o tempo unitário de processo do mesmo (TP) em cada uma das etapas do sistema é igual a 2, 1 e 1,8 minutos, respectivamente. Neste caso, tem-se que o “Tesp” para o item “A” seria igual a 0,079 do dia $[(2 \times 10) + (1,8 \times 10)] / 480$.

Em um sistema JIT deve-se buscar lotes unitários de transferência entre processos, para com isso reduzir ao máximo o LT do sistema e, conseqüentemente a quantidade de kanbans.

Figura 3.6 Representação esquemática de um sistema em fluxo contínuo obedecendo ao “FIFO” e as filas de espera entre processos.



▪ **Tempo de coleta dos kanbans (Tck)**

Este é representado pela restrição de tempo entre a retirada do kanban do supermercado e o acionamento do mesmo para produção, expresso em

percentual do período médio em que ocorrerão suas demandas. Quando o sistema Kanban é responsável por seqüenciar os recursos produtivos, como é o caso dos sistemas para o qual este modelo foi desenvolvido, todos os kanbans retirados dos supermercados devem estar posicionados no quadro porta kanbans antes do término da produção de um item e o início de outro, sob pena de produzir-se itens de menor criticidade (fora do seqüenciamento) e ocorrer um desabastecimento de itens críticos. Desta forma, o “Tck” para o presente modelo deverá ser igual a zero.

▪ **Tempo de cura (Tc)**

Conforme apresentado no Capítulo 2, o “Tc” é representado pela restrição de tempo, inerente ao processo, necessária para que os itens, após serem processados, estejam aptos a serem consumidos. O tempo de cura é expresso em percentual do período médio em que ocorrerão suas demandas.

Por exemplo, considerando um processo de pintura em que, após a operação pintura, as peças necessitem de um tempo de 60 minutos para secagem da tinta, e ocorrendo um período médio de consumo das demandas de um determinado item de 480 minutos, o tempo de cura “Tc” será: $60/480 = 0,125$ do dia.

▪ **Tempo de transporte (Tt)**

Este é representado pela restrição de tempo, inerente ao processo, necessária para que os itens, após serem processados, sejam transportados entre processos até serem disponibilizados nos supermercados. O tempo de transporte é expresso em percentual do período médio em que ocorrerão as demandas dos itens.

Para fins de ilustração, utilize-se o exemplo representado pela Figura 3.6 e considere-se que os recursos estejam distantes um do outro de forma que a transferência de cada lote de produção entre os processos leve 10 minutos. O “Tt” do sistema é composto pela somatória dos tempos de transferência entre os processos em percentual do período (480 minutos). Neste caso, o tempo total de transferência será de 20 minutos (2 x 10 minutos) e, portanto, o “Tt” será de $20/480 = 0,0416$ do dia.

Quando o “Tc” e o “Tt” forem inevitáveis, deve-se buscar que um ocorra paralelamente ao outro, com isso reduzindo o lead time total do sistema e, conseqüentemente, as quantidades de kanbans do mesmo. Tomando o exemplo do tempo de cura, enquanto os produtos estivessem em processo de secagem poderiam estar sendo transportados até o supermercado, ou até o processo seguinte, de forma que o “Tc” ocorreria paralelamente ao “Tt”. Então, apenas um deles seria considerado no dimensionamento da quantidade de kanbans.

De acordo com as definições anteriores, o LT de cada item “i” é composto pela somatória das variáveis, conforme apresentado na equação 3.2.

$$LT_i = T_{espi} + T_{ci} + T_{ti} \quad (3.2)$$

A etapa seguinte (Quadro 13 da Figura 3.2) consiste em definir a existência de defasagem entre os períodos de produção e de consumo de cada item, o que dará origem ao denominado tempo de defasagem do item (TD).

O TD é a restrição de tempo necessário para compensar a defasagem entre os períodos de produção e de consumo dos itens, expresso em percentual do período médio em que ocorrerão as demandas dos itens ou de disponibilidade dos recursos. Essa variável não é mencionada nas bibliografias e trabalhos pesquisados, provavelmente pelos autores considerarem que os sistemas produtivos são equilibrados e que os recursos possuem disponibilidades e capacidades suficientes para fabricar os itens kanbans sincronizado com o consumo dos mesmos. Na prática, as organizações buscam otimizar seus recursos físicos e humanos de forma a serem mais competitivas, incorrendo, em muitos casos, em defasagens entre os períodos de fabricações e de consumo dos itens.

Outra ação que acarreta uma defasagem entre o período de produção e o de consumo é a destinação de parte do tempo disponível diário dos recursos físicos para a produção de itens de classes “C” cujas demandas não justifiquem economicamente o número de setups calculados.

Por exemplo, considere-se um sistema com períodos produtivos dos recursos e de consumo dos itens ocorrendo paralelamente, em que o número de setups é igual a 4 vezes ao dia, o tempo por setup é de 15 minutos e o tempo

necessário para produção da demanda diária de um dos itens que compartilham esses recursos é de 30 minutos. Nessas condições, o tempo despendido diariamente com setups é maior que o tempo de produção do item - ou seja, o tempo despendido com setups é o dobro do tempo despendido com a produção efetiva do item e, do ponto de vista econômico, poderia não ser interessante produzir esse item dessa forma (4 vezes ao dia). Uma das opções para evitar isso é produzir o referido item uma vez ao dia. Nesse caso o dimensionamento da quantidade de kanbans dos demais itens deveria levar em conta uma redução de 45 minutos no tempo disponível dos recursos produtivos (30 min + 15 min), o que resultaria em uma defasagem de 45 minutos entre os períodos de produção e consumo dos demais itens.

Dentro dessa ótica, duas são as possibilidades de defasagem: a primeira quando o tempo disponível médio dos recursos produtivos (TDMR) for maior que o tempo de consumo médio das demandas do item (TCMD) e a segunda quando o TCMD for maior que o TDMR.

Em ambas as condições, a defasagem pode exigir que os recursos produtivos antecipem parte das demandas dos itens, de forma que, durante o período de consumo, consiga manter-se o abastecimento de todos os itens que o compartilham. A equação 3.3 define o cálculo do TD para as condições onde o TDMR é maior que o TCMD e a equação 3.4 define o cálculo do TD para as condições onde o TCMD é maior que o TDMR.

$$TD_i = (TDMR_j - TCMD_i) / TDMR_j \quad (3.3)$$

$$TD_i = (TCMD_i - TDMR_j) / TCMD_i \quad (3.4)$$

onde:

- TD = Restrição de tempo de defasagem entre a produção e o consumo dos itens, expresso em percentual do período médio em que ocorrerão as demandas ou de disponibilidade dos recursos produtivos.
- TDMR = Tempo disponível médio dos recursos produtivos.
- TCMD = Tempo de consumo médio das demandas dos itens.

Por exemplo, admita-se que um recurso produtivo necessite trabalhar dois turnos diários (960 minutos) para atender às demandas de todos os itens que o

compartilham. Caso a demanda diária total de um desses itens for consumida em um único turno de trabalho (480 minutos), então, aplicando-se a equação 3.3, a restrição de tempo referente a essa defasagem será de 0,5 do dia $((960-480)/960)$.

Da mesma forma, invertendo-se a situação no exemplo anterior de modo que o TDMR passe a ser de 480 minutos e o TCMD de um dos itens de 960 minutos, durante o período em que o recurso estiver produzindo, os clientes terão consumido 50% do total da demanda do referido item. Então, aplicando-se a equação 3.4, TD será também igual a 0,5 dia.

O TD a ser considerado no dimensionamento da quantidade de kanbans de cada item dependerá do número de setups do sistema, levando-se em conta todas as ineficiências do mesmo (NS**), e será detalhado na Fase 3 do modelo.

A etapa seguinte (Quadro 14 da Figura 3.2) consiste em identificar, através de históricos, os índices de não qualidade dos itens nos recursos produtivos que interferem diretamente na capacidade dos mesmos (IQE) e os que não interferem (IQN), para posteriormente serem utilizados nas definições das quantidades de kanbans de cada item.

Na pesquisa bibliográfica realizada verificou-se que os autores adotam coeficientes genéricos de segurança para suprir as ineficiências do sistema, tais como manutenção, índices de não qualidade e falta de matéria prima. Mesmo adotando coeficientes genéricos, todos concordam que uma das funções do Kanban é ajudar na melhoria contínua do sistema, contribuindo na identificação das ineficiências, priorizando ações que visam reduzir os níveis de estoque e melhorando a produtividade. Nessa linha de raciocínio, o modelo desenvolvido busca definir um coeficiente de segurança em função dos tempos de parada dos recursos produtivos destinados à manutenção e dos índices de não qualidade dos itens produzidos, conforme será detalhado a seguir.

Uma das premissas de um sistema JIT é disponibilizar itens isentos de defeitos aos clientes. Conforme discutido no Capítulo 2, Shingo (1996, p.151) advoga que isso só é possível adotando-se um sistema de inspeção de 100%, o que nem sempre é possível. Mesmo que fosse possível, a inspeção apenas evitaria que os itens defeituosos fossem fornecidos aos clientes, não evitando a

ocupação dos recursos com reprocessos e reposição de itens defeituosos.

Assim, no desenvolvimento do modelo proposto, serão considerados os índices de não qualidade no dimensionamento da quantidade de kanbans de segurança. Esse dimensionamento é composto por duas parcelas: uma influencia os tempos planejados de disponibilidade dos recursos (TPDR) e é denominada índice de não qualidade referente ao percentual de itens defeituosos que utilizam recursos produtivos do sistema para serem repostos ou reprocessados (IQEi); a outra não influencia o TPDR e é denominada índice de não qualidade referente ao percentual de itens defeituosos que não utilizam recursos do sistema para serem repostos ou reprocessados (IQNi).

Um sistema é dito sem setups quando o tempo de troca para início de produção de qualquer item ocorre dentro do tempo de ciclo de processamento dos itens. Em linguagem matemática isso implica dizer que o número de setups do sistema tenderá ao infinito; conseqüentemente, tanto o IQEi e o IQNi impactarão somente nas quantidades de kanbans de produção e de manutenção dos respectivos itens, conforme também será definido na Fase 3 do modelo.

Em um sistema Kanban do tipo com setups, em que vários itens compartilham os mesmos recursos produtivos, os IQNi dos itens não influenciarão o número de setups do sistema. Da mesma forma que em um sistema do tipo sem setups, o IQNi deverá corrigir somente as parcelas das quantidades de kanbans de produção e de manutenção dos respectivos itens. Já o IQEi influenciará o número de setups do sistema reduzindo-o e, conseqüentemente, impactará diretamente nas parcelas das quantidades de kanbans de todos os itens, independente de possuírem ou não um índice de não qualidade IQEi.

A redução no número de setups dá origem a um coeficiente de não qualidade (Cq), definido pela equação 3.5, o qual, por sua vez, dará origem às parcelas das quantidades de kanbans do índice de não qualidade referente ao percentual de itens que utilizam recursos produtivos para serem repostos ou reprocessados (NKIQEi), conforme será definido na Fase 3 do modelo.

$$Cq = (NS - NS^*) / (NS \times NS^*) \quad (3.5)$$

onde:

- NS = Número de setups do sistema considerando-o isento de ineficiências, definido conforme a equação 3.6.
- NS* = Quantidade de setups do sistema considerando a ineficiência relativa aos índices de não qualidade dos itens que utilizam recursos produtivos para serem recuperados ou repostos (IQEi), definido conforme a equação 3.7.

$$NS = \frac{\sum_{j=1}^m TDR_j - \sum_{i=1}^n TP_i \times D_i}{\sum_{i=1}^n TS_i} \quad (3.6)$$

$$NS^* = \frac{\sum_{j=1}^m TDR_j - \sum_{i=1}^n TP_i \times D_i \times (1 + IQE_i)}{\sum_{i=1}^n TS_i} \quad (3.7)$$

onde:

- i = refere-se aos iésimos itens produzidos durante o período em que ocorre o maior carregamento dos recursos produtivos (i variando de 1 a “n” de um total “z”).

A próxima etapa (Quadro 15 da Figura 3.2) consiste em identificar, por meio de históricos, os tempos médios (TMMR) e o tempo máximo (TMR) de parada dos recursos produtivos para manutenção durante o período de disponibilidade dos mesmos.

Uma segunda parcela do kanban de segurança proposto pelo modelo, e que será detalhada na Fase 3, refere-se ao índice de manutenção dos recursos físicos produtivos durante o tempo planejado de disponibilidade dos mesmos para a produção, podendo ser este proveniente da manutenção preventiva e/ou da

manutenção corretiva dos recursos envolvidos no sistema.

Conforme visto no Capítulo 2, a manutenção corretiva em um sistema JIT é indesejável e deve ser evitada. As alternativas para preveni-la são a adoção de manutenção preventiva, preditiva e a manutenção produtiva total.

A influência do tempo de manutenção no dimensionamento da quantidade de kanbans dependerá de sua interferência durante o tempo planejado para disponibilização dos recursos à produção dos itens e da quantidade de recursos compartilhados na execução do mesmo tipo de operação.

A definição da restrição de tempo de manutenção dos recursos produtivos que dará origem à parcela da quantidade de kanbans de manutenção poderá derivar do tempo médio de paradas dos recursos produtivos para manutenção (TMMR) em um período, ou da maior somatória dos tempos de paradas dos mesmos destinados a manutenções (TMR). Os TMR são ocorrências esporádicas que fazem parte da definição do TMMR do sistema; eles darão origem à restrição de tempo máximo de manutenção dos recursos (TMi), definido pela equação 3.8, e serão responsáveis pela definição das parcelas de kanbans de segurança dos itens referentes ao tempo de parada dos recursos para manutenção quando o sistema for do tipo sem setups. Já em um sistema com setups deve-se utilizar o maior valor entre o TMi e o coeficiente de manutenção (Cm), sendo este último função do TMMR, conforme definido pela equação 3.9.

$$TMi = \frac{TMR}{TCMDi \times \sum_{j=1}^m j} \quad (3.8)$$

onde:

- TMi = Restrição de tempo de manutenção, em percentual do período médio de consumo de cada item.
- j = Quantidade de recursos que fazem parte do sistema e executam as mesmas operações, variando de 1 a m de um total “m” de recursos.

$$Cm = [(NS - NS^{**}) / (NS \times NS^{**})] - Cq \quad (3.9)$$

onde:

- NS** = Número de setup do sistema considerando a ineficiência relativa ao índice de manutenção dos recursos e aos índices de não qualidade dos itens que utilizam os recursos produtivos do sistema para serem recuperados ou reprocessados (IQEi), definido conforme a equação 3.10.

$$NS^{**} = \frac{\sum_{j=1}^m TDR_j - TMMR - \sum_{i=1}^n TP_i \times D_i \times (1 + IQE_i)}{\sum_{i=1}^n TS_i} \quad (3.10)$$

Notas:

- Para que se tenha uma melhor utilização dos recursos e, conseqüentemente, menores níveis de estoques, o planejamento das preventivas deve ser realizado de forma que, em um período de trabalho, a quantidade de recursos em preventiva pertencente a um mesmo grupo seja a menor possível.
- O TMMR e os IQEi devem ser considerados no cálculo de carregamento dos recursos produtivos e contemplados na verificação de capacidade produtiva do sistema.

A etapa seguinte (Quadro 16 da Figura 3.2) consiste em definir a quantidade de itens por contentor (Qi), o que corresponderá a um kanban.

De acordo com a filosofia JIT, e conforme demonstrado na definição do Tesp (etapa 12 da Figura 3.2), a quantidade de peças por contentor deve ser a menor possível, sendo a unidade o ideal. Dependendo das distâncias entre processos, da freqüência de consumo dos itens e da quantidade de itens nos supermercados, uma unidade por contentor pode não ser viável. Outro ponto importante em um sistema produtivo, também citado no Capítulo 2, é a padronização dos contentores, minimizando-se os tipos e flexibilizando-se sua utilização pelos diversos itens produzidos na organização.

Como o gerenciamento de um sistema Kanban ocorre de forma visual, é imprescindível que as quantidades de kanbans dos mesmos proporcione essa

visibilidade. Para tal, o presente modelo sugere dois critérios a serem utilizados na definição das quantidades de peças por contentor: o primeiro para um sistema com setups e o segundo para um sistema sem setups.

No primeiro caso sugere-se dimensionar as quantidades de itens por contentor de forma que sejam menores ou iguais às quantidades dos mesmos consumidas pelo cliente com menor taxa de consumo durante o tempo de setup. A adoção desse critério facilita a visualização do seqüenciamento e do gerenciamento da produção do sistema em nível de “chão de fábrica”, conforme será apresentado na Fase 4 e 5.

No segundo caso sugere-se dimensioná-las conforme a frequência pré estabelecida de fornecimento ao cliente que possuir a menor taxa de consumo do referido item.

Definidas todas as variáveis envolvidas no sistema, passa-se à Fase 2 do modelo, conforme apresentado no Quadro 17 da Figura 3.2.

3.3 Fase 2 – Dinâmica de Verificação da Capacidade Produtiva dos Recursos Físicos

Esta fase consiste em realizar a verificação da capacidade de produção dos recursos produtivos, definindo os ajustes necessários para garantir o atendimento das demandas dos itens envolvidos no sistema e analisando a viabilidade de implantação prática do mesmo.

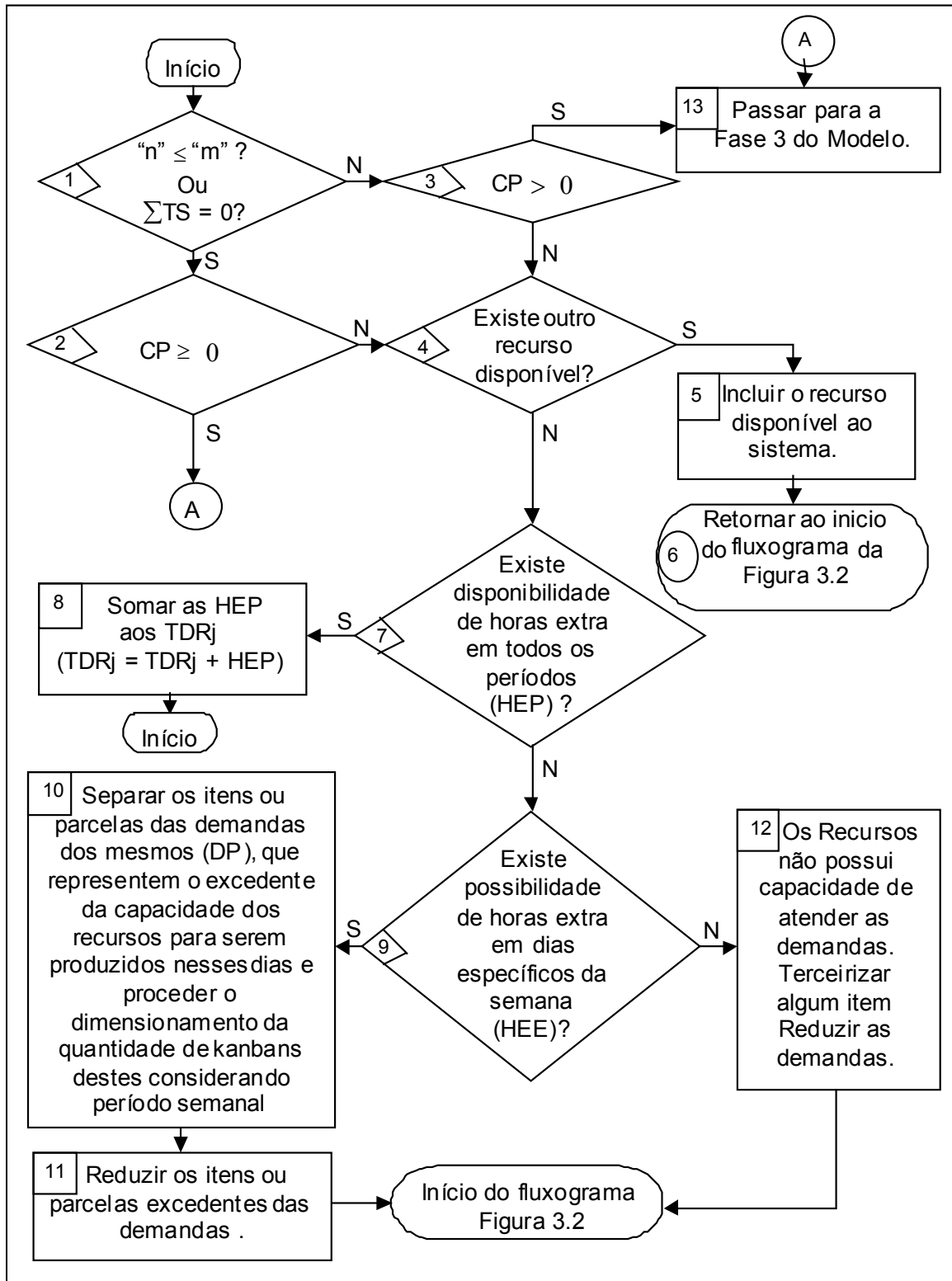
A verificação da capacidade produtiva dos recursos é função do tempo disponível dos mesmos, da sua ocupação pelos produtos que os compartilham, dos índices de não qualidade dos itens que os utilizam para serem repostos ou reprocessados (IQEi) e do tempo de manutenção dos equipamentos produtivos. A equação 3.11 define o cálculo da capacidade residual dos recursos produtivos (CP), a qual, para que o sistema seja capaz, deve ser no mínimo igual a zero em um sistema do tipo sem setups e maior que zero em um sistema com setups, conforme definido no fluxograma da Figura 3.7.

$$CP = \sum_{j=1}^m TDR_j - TMMR - \sum_{i=1}^n TPI_i \times Di \times (1 + IQE_i) \quad (3.11)$$

onde:

- CP = Capacidade residual de produção dos recursos produtivos envolvidos no sistema.
- j = jésimo recurso produtivo envolvido no sistema (j variando de 1 a m).
- i = iésimo item produzido pelos recursos no período de maior carregamento dos mesmos (i variando de 1 a n de um total de z), conforme definido no Quadro 3 da Figura 3.2.

Figura 3.7 Fluxograma para verificação da capacidade de produção dos recursos.



De acordo com a dinâmica proposta pelo presente modelo, a primeira etapa para verificação da capacidade dos recursos em atender às demandas pré-definidas (Quadro 1 da Figura 3.7) consiste em identificar se o sistema é do tipo com ou sem setups. Quando a quantidade “n” de itens “i”, os quais influenciam as quantidades de setups do sistema, for menor ou igual à quantidade “m” de recursos produtivos “j” envolvidos no mesmo, ou quando não existir intervalo de tempo entre o final de produção de qualquer um dos itens e o início de produção de outro item, o sistema é dito sem setups e, para que os recursos tenham capacidade de atender às demandas, a condição representada pelo Quadro 2 da Figura 3.7 deverá ser atendida ($CP \geq 0$). Se confirmada a capacidade, deve-se prosseguir para a etapa representada pelo Quadro 13 da Figura 3.7.

Caso a condição representada no Quadro 2 da Figura 3.7 não for satisfeita, então o sistema não possui capacidade de atender às demandas pré-definidas, devendo então prosseguir-se à etapa representada pelo Quadro 4 da Figura 3.7.

Uma segunda alternativa para a etapa representada pelo Quadro 1 da Figura 3.7 deverá ser considerada quando não for satisfeita a condição expressa no mesmo, o que implica que o sistema é do tipo com setups. Nesse caso a capacidade residual (CP) deverá ser capaz de absorver os tempos de setups (TS) dos itens e, portanto, para que os recursos tenham capacidade, será necessário satisfazer a condição representada no Quadro 3 da Figura 3.7 ($CP > 0$). Caso seja satisfeita essa condição, prossegue-se para a Fase 3 do modelo (Quadro 13 da Figura 3.7).

Caso a condição do quadro 3 da Figura 3.7 não for satisfeita, então o sistema não possui capacidade de atender às demandas pré-definidas, devendo então optar-se por uma das alternativas representadas pelas etapas definidas nos Quadros 4 a 11 da Figura 3.7.

A primeira alternativa (Quadros 4, 5 e 6 da Figura 3.7) consiste em verificar a existência de outros recursos disponíveis na organização e passíveis de serem incorporados ao sistema. Em caso positivo, deve-se retornar à definição das variáveis primárias especificadas na Figura 3.2. Em caso negativo, deve-se buscar a segunda alternativa, representada pelos Quadros 7 e 8 da Figura 3.7, em que se verifica a possibilidade de realizar horas extras de trabalho durante todos os períodos definidos para o dimensionamento (HEP). Em caso afirmativo,

essas horas deverão ser somadas aos tempos dos respectivos recursos e então retornar-se-á ao início do fluxograma da Figura 3.7. Em caso negativo, pode-se buscar a terceira alternativa, representada pelos Quadros 9, 10 e 11 da Figura 3.7, em que se verifica a possibilidade de trabalho em horas extras em dias específicos da semana (HEE), como sábados e domingos. Se possível, deve-se então destinar a totalidade ou partes excedentes das demandas de um ou mais itens envolvidos no sistema para serem produzidas nas HEE desses dias pré-definidos, de forma a resolver a falta de capacidade dos recursos. Deduzidas as parcelas das demandas dos itens a serem produzidos nos dias específicos da semana, dever-se-á então retornar ao início do fluxograma da Figura 3.2 (Fase 1 do modelo) para redefinir as variáveis principais.

As parcelas das demandas (D_{Pi}) que serão produzidas em dias específicos devem ser contempladas nas quantidades totais de kanbans dos respectivos itens, dando origem às parcelas de quantidade de kanbans das demandas produzidas em dias específicos (NKD_{Pi}), conforme será definido na Fase 3 do modelo.

Caso nenhuma das três alternativas for viável, pode-se optar por uma quarta alternativa, representada pela etapa do Quadro 12 da Figura 3.7, que consiste em terceirizar a produção das demandas de alguns itens que corresponda à capacidade excedente dos recursos ou, então, assumir o não atendimento total ou parcial de alguns itens que pertencem ao sistema. Caso se opte por esta alternativa, deve-se deduzir as parcelas das demandas correspondentes aos itens e retornar ao início do fluxograma da Figura 3.2 (Fase 1 do modelo) para redefinir as variáveis primárias.

Admitindo-se que a CP atende às condições representadas pela etapa dos Quadros 2 ou 3 da Figura 3.7, deve-se, então, prosseguir para a Fase 3 do modelo (Quadro 13 da Figura 3).

3.4 Fase 3 – Dinâmica de Cálculo das Quantidades de Kanbans de Produção e de Segurança do Sistema

Nesta fase será apresentada a dinâmica de cálculo da quantidade de kanbans dos item, explicitando-se as parcelas geradas pelas variáveis que compõem o sistema.

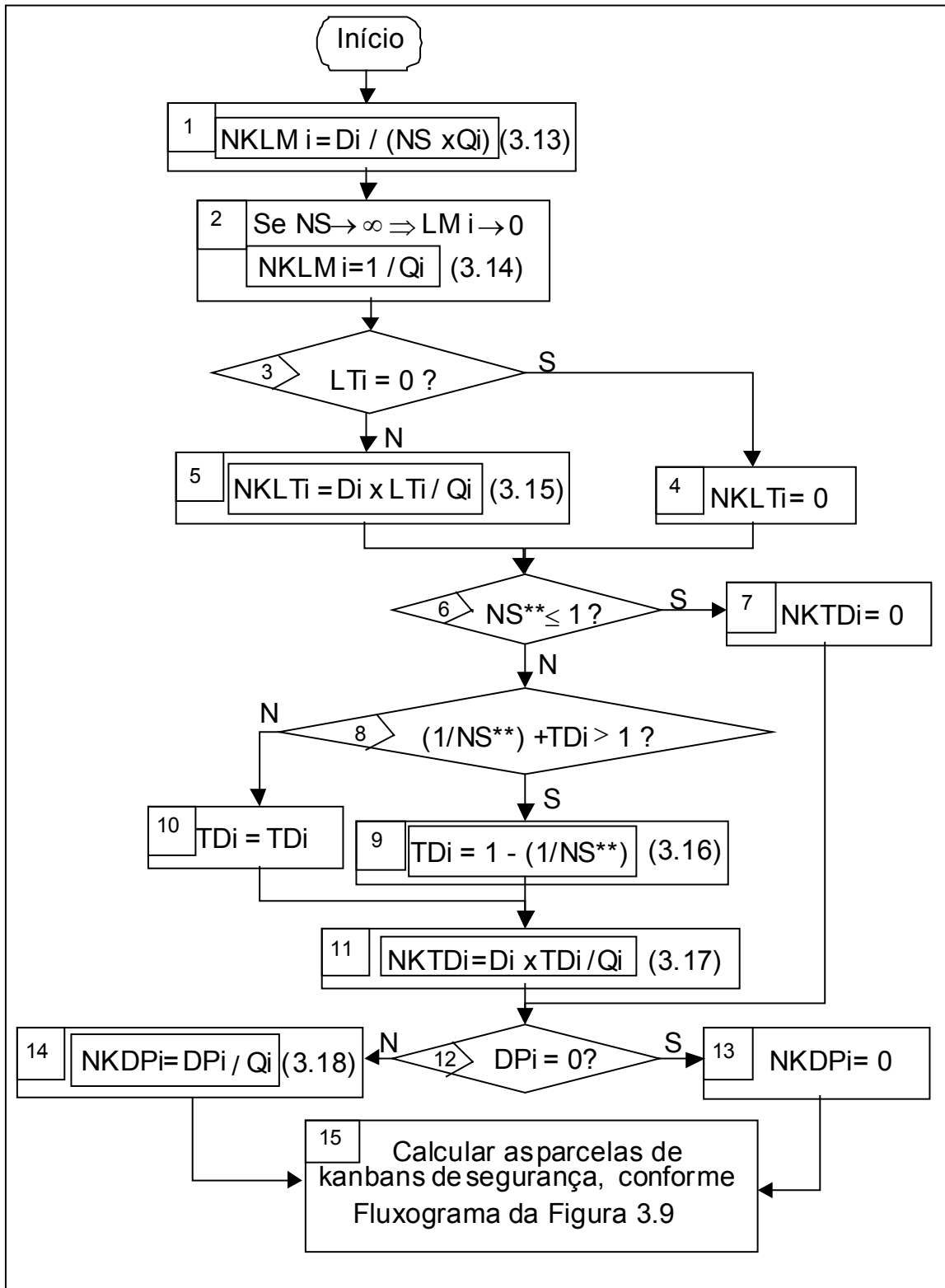
De modo geral, e conforme apresentado na Fase 1, as quantidades de kanbans dos itens que compõe o sistema podem ser representadas pela equação 3.12. Essa equação é composta de 7 parcelas, as quatro primeiras representando os kanbans de produção e a ultimas três os kanbans de segurança do sistema. Os passos da dinâmica de cálculo das parcelas dos kanbans de produção e de segurança foram detalhados nos fluxogramas das Figuras 3.8 e 3.9, respectivamente.

$$NK_i = NK_{LMi} + NK_{LTi} + NK_{TDi} + NK_{DPi} + NK_{TMi} + NK_{IQEi} + NK_{IQNi} \quad (3.12)$$

onde:

- i = iésimo item (variando de 1 à “z”).
- NK = Quantidade total de kanbans de cada item “i”.
- NK_{LM} = Parcela da quantidade de kanbans de produção referente ao lote mínimo de produção dos itens nos recursos produtivos, considerando o sistema isento de ineficiências.
- NK_{LT} = Parcela da quantidade de kanbans de produção dos itens referente ao Lead time para disponibilizá-los nos supermercados.
- NK_{TD} = Parcela da quantidade de kanbans de produção dos itens referente ao tempo de defasagem entre o período de produção e consumo dos mesmos.
- NK_{DP} = Parcela da quantidade de kanbans de produção dos itens referente às demandas que são produzidas em dias específicos da semana.
- NK_{TM} = Parcela da quantidade de kanbans de segurança dos itens referente a manutenção dos recursos físicos produtivos.
- NK_{IQE} = Parcela da quantidade de kanbans de segurança referente ao índice de não qualidade dos itens que utilizam recursos produtivos do sistema para serem repostos e/ou reprocessados.
- NK_{IQN} = Parcela da quantidade de kanbans de segurança referente ao índice de não qualidade dos itens a serem repostos recuperados e que não utilizam recursos produtivos do sistema para isso.

Figura 3.8 Fluxograma da dinâmica de cálculo da quantidade de kanbans de produção do sistema.



A etapa inicial da dinâmica de cálculo, representada pelo Quadro 1 da Figura 3.8, consiste em definir o cálculo da quantidade de kanbans referente ao lote mínimo de produção do sistema, que é função do número de giros dos kanbans de cada item nos recursos produtivos do sistema, considerado-se este isento de ineficiências. Conforme Monden (1984) o Lote mínimo de produção dos itens que compõem o sistema é obtido por meio da razão entre as demandas dos itens durante o período definido para o dimensionamento do kanban e o número de setups do sistema ($LM_i = D_i / NS$). Assim, a parcela de kanbans referente ao lote mínimo de produção de cada item é obtida pela razão entre o lote mínimo por item e a quantidade de peças de cada item por contentor (equação 3.13 do Quadro 1 da Figura 3.8). Conforme demonstrado na Fase 2, quando o sistema for do tipo sem setups NS tenderá a infinito e LM_i a zero. Como a unidade é o mínimo a ser produzido de qualquer item ($LM_i = 1$), então: $NKLM_i = 1 / Q_i$ (equação 3.14 do Quadro 2 da Figura 3.8). Observe-se que, quando o sistema é do tipo sem setups, o fluxo unitário, considerado ideal pela filosofia JIT, poderia ser facilmente alcançado, bastando para tal que a quantidade de itens por contentor (Q_i) também seja unitária.

A etapa representada pelos Quadros 3, 4 e 5 da Figura 3.8 consiste em calcular a quantidade de kanbans do lead time referente à restrição de tempo entre produção e disponibilização dos itens no supermercado, devendo desconsiderar-se os tempos de produção e de setups dos itens no recurso produtivo do sistema e lembrando que, nos casos em que o sistema for composto por um grupo de recursos produtivos atuando em operações complementares, deve-se desconsiderar somente o tempo de produção e de setups dos itens no recurso restrição do sistema. A referida restrição de tempo é expressa como percentual do período médio em que ocorrerão as demandas dos itens e, na Fase 1 do modelo, foi definida como a somatória de três variáveis: o tempo de espera entre processos (T_{spi}), o tempo de cura (T_{ci}) e o tempo de transporte (T_{ti}). Quando a soma dessas três parcelas resultar em zero ($LT_i = 0$), a parcela da quantidade de kanbans referente a essa variável será também igual a zero (Quadro 4 da Figura 3.8). Quando a soma for diferente de zero, o cálculo da parcela da quantidade de kanbans dos itens referentes ao LT será definido pela equação 3.15, apresentada no Quadro 5 da Figura 3.8.

Os Quadros 6 a 11 da Figura 3.8 correspondem às etapas de definição do cálculo da quantidade de kanbans referente ao tempo de defasagem entre produção e consumo dos itens (NKTDi). Quando a quantidade de setups do sistema, consideradas todas as ineficiências do mesmo (NS**), for menor ou igual a um (Quadro 6 da Figura 3.8), então o estoque no supermercado será maior ou igual a um período de consumo e, nesse caso, qualquer que seja a defasagem entre período de consumo e produção dos itens, não influenciará o atendimento dos clientes. Conseqüentemente, o NKTDi será igual a zero, conforme representado no Quadro 7 da Figura 3.8.

Quando o NS** do sistema for maior que um, a existência de defasagem entre período de consumo e de produção do total das demandas dos itens poderá exigir uma parcela adicional de estoque no supermercado para suprir o atendimento dos clientes, não devendo esta elevar o nível de estoque do item além do total do consumido em um período. O Quadro 8 da Figura 3.8 tem por objetivo definir qual a parcela do TDi que deverá ser considerada no dimensionamento da quantidade de kanbans, a fim de atender estritamente às necessidades dos clientes sem ultrapassar um período de estoque de cada item no supermercado.

Caso a condição representada no Quadro 8 da Figura 3.8 for satisfeita, o cálculo do NKTDi deverá incluir somente a parcela do TDi que completar um período de produção do item, sendo esse cálculo definido pela equação 3.16 do Quadro 9 na Figura 3.8.

Quando a condição representada no Quadro 8 da Figura 3.8 não for satisfeita, o cálculo do NKTDi deverá incluir a parcela integral do TDi, sendo esse cálculo definido pela equação 3.17 do Quadro 11 na Figura 3.8.

Para completar o cálculo da quantidade de kanbans de produção faz-se necessário incluir as parcelas das demandas dos itens que serão produzidos em dias específicos, como os fins de semana (DPi). Os quadros 12, 13 e 14 da Figura 3.8 demonstram como essa parcela deve ser considerada na dinâmica de cálculo. Quando a condição representada no quadro 12 for satisfeita, ou seja, se existir uma parcela da demanda do referido item a ser produzida em algum dia específico da semana, deve-se então calcular o NKDPi utilizando-se a equação 3.18, representada no Quadro 13 da Figura 3.8. Caso contrário, o NKDPi será

igual a zero, conforme definido no Quadro 14 da Figura 3.8.

NOTA: a parcela da quantidade de kanbans referente ao “DPI” deverá ser programada através do sistema convencional, ou seja, de forma empurrada, servindo o kanban somente para gerenciamento visual e para evitar a super produção.

Definidas todas as parcelas referentes à quantidade de kanbans de produção, conforme apresentado no Quadro 15 da Figura 3.8, prossegue-se para a dinâmica de cálculo das quantidades de kanbans de segurança, a fim de atender às ineficiências do sistema.

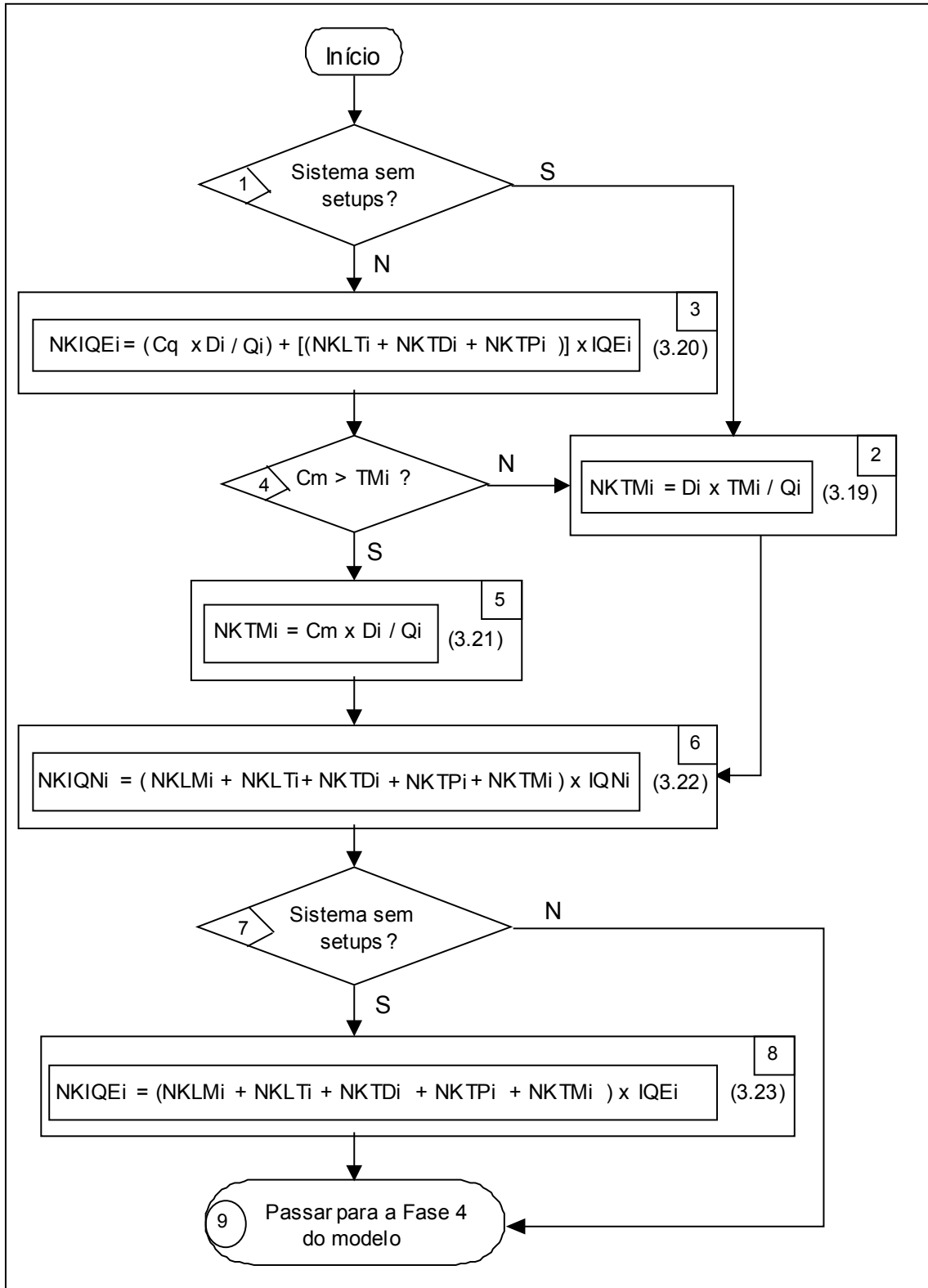
Os autores pesquisados no Capítulo 2 utilizam-se de coeficientes genéricos de segurança para suprir as ineficiências do sistema. Embora os trabalhos práticos apresentados nesse capítulo mostrem a adoção de valores diferentes para esse coeficiente, a maioria dos autores sugere que se utilize um valor da ordem de 10 % em relação à quantidade de kanbans de produção.

O modelo apresentado neste trabalho busca discutir alguns aspectos importantes que relacionam esse coeficiente a uma das funções básicas do Kanban, qual seja, definir um coeficiente que cubra estritamente as ineficiências do sistema e dar visibilidade a essas ineficiências, para com isso priorizar ações que melhorem a produtividade e reduzam os níveis de inventário de forma contínua. Para tal, é necessário saber quais as variáveis que influenciam o cálculo do coeficiente, definindo seu valor com base em fatos e dados e assim permitindo reduzi-lo de forma confiável segundo melhorias contínuas implementadas.

Buscando, então, identificar a influência das ineficiências dos sistemas no dimensionamento das quantidades de kanbans, o modelo propõe estratificar cada uma das parcelas da quantidade de kanbans de segurança, conforme representado no fluxograma da Figura 3.9, dando, dessa forma, visibilidade para que se possa atacá-las, melhorando o sistema como um todo e permitindo a atualização das variáveis nos redimensionamentos futuros. A falta de matéria prima não estará sendo levada em conta nesses cálculos, por se entender que esta foi considerada no dimensionamento de seu próprio kanban ou estoque – assim, ela não é transferida para toda a cadeia de produção, evitando duplicidade

de estoques.

Figura 3.9 Fluxograma da dinâmica de cálculo da quantidade de kanbans de segurança do sistema.



A primeira etapa (quadro 1 da Figura 3.9) consiste em verificar se o sistema kanban é do tipo com ou sem setups. Se confirmado, segue-se à etapa seguinte (quadro 2 da Figura 3.9), em que se define as parcelas da quantidade de kanbans de segurança dos itens referente ao índice de manutenção (NKTMi), a qual é calculada aplicando-se a equação 3.19 apresentada no referido quadro.

Retornando à primeira etapa (quadro 1 da Figura 3.9), se não confirmada a condição expressa no mesmo, ou seja, se o sistema for do tipo com setups, passa-se à etapa seguinte (quadros 3 da Figura 3.9), que consiste em definir as parcelas da quantidade de kanbans de segurança dos itens referente aos índices de não qualidade desses que se utilizam dos recursos produtivos para serem repostos ou reprocessados (NKIQEi), definida pela equação 3.20.

Na etapa seguinte, ainda para um sistema do tipo com setups, compara-se o coeficiente de manutenção do sistema (C_m) e a restrição de tempo de cada item relativo o maior tempo de parada dos recursos em um período de disponibilidade (T_{Mi}) (quadro 4 da figura 3.9). O objetivo de comparar as duas variáveis é de utilizar o maior valor entre elas para a definição da quantidade de kanbans de segurança de cada item, relativo a manutenção (KNTMi), para com isso manter o atendimento das demandas na pior situação. Assim, quando " C_m ", definido pela equação 3.9, for maior que " T_{Mi} ", definido pela equação 3.8, utiliza-se este para a definição da quantidade de kanbans de segurança relativo a manutenção, conforme equação 3.21 (quadro 5 da Figura 3.9). Quando " C_m " for menor ou igual a " T_{Mi} " utiliza-se esse último para a definição da quantidade de kanbans de segurança relativo a manutenção, conforme equação 3.19 (quadro 2 da Figura 3.9).

A etapa seguinte (quadro 6 da Figura 3.9) refere-se à definição das parcelas das quantidades de kanbans de segurança da componente do índice de não qualidade referente aos itens defeituosos que não se utilizam dos recursos produtivos envolvidos no sistema para serem recuperados ou repostos (IQNi). Por não utilizarem os recursos do sistema, estes terão impactos exclusivamente nas parcelas das quantidades de kanbans de produção e de manutenção de seus respectivos itens, conforme equação 3.22.

A última etapa da dinâmica de dimensionamento das quantidades de kanbans de segurança (quadro 8 da Figura 3.9) refere-se à definição das parcelas

da quantidade de kanbans referentes aos índices de não qualidade dos itens que se utilizam dos recursos produtivos para serem recuperados ou repostos, quando o sistema for do tipo sem setups, em que cada um dos IQEi influenciará exclusivamente às parcelas de kanbans de produção e de segurança referente a manutenção dos respectivos itens, conforme equação 3.23.

Definidas todas as parcela referente as quantidades de kanbans de segurança provocadas pelas ineficiências do sistema, passa-se à Fase 4 do modelo (quadro 9 da Figura 3.9) em que se definirá a distribuição dos kanbans nas respectivas faixas do quadro porta kanbans.

3.5 Fase 4 – Dinâmica de Distribuição dos Cartões Kanbans no Quadro e do Seqüenciamento da Produção

Para que um sistema Kanban de produção possa ser efetivamente funcional, o que implica dar autonomia ao “chão de fábrica” em definir o quê, quanto, quando e onde produzir, é de fundamental importância que o sistema seja monitorado visualmente, que o seqüenciamento da produção seja estabelecido e, no que tange ao dimensionamento da quantidade de kanbans, que seja possível identificar um super ou sub dimensionamento. Dentro dessa ótica, esta fase do modelo tem por finalidade definir o sistema de gerenciamento do sistema kanban estabelecendo o seqüenciamento e o controle da produção em nível de “chão de fábrica”.

O controle em um sistema Kanban de produção pode ser realizado por meio de cartões kanbans ou dos próprios contentores dos itens (contentores kanbans). Qualquer uma das alternativas necessita de um meio que realize a função de gerenciamento visual do sistema, proporcionando ao “chão de fábrica” a autonomia necessária. Quando utilizados os próprios contentores kanbans, o meio de gerenciamento visual mais comumente é o quadrado kanban; já no caso de utilizarem-se os cartões kanbans o gerenciamento visual será pelo quadro porta kanbans. Ambas as opções são similares, possuindo a mesma eficácia e utilizando os mesmos critérios para sua definição, os quais, para o modelo em desenvolvimento, serão apresentados a seguir.

Conforme observado no Capítulo 2, os autores, em suas aplicações práticas, utilizam critérios diferentes para distribuição dos cartões nos quadros porta

kanbans, não sendo esses claramente explicitados. Embora existam divergências, todos os autores pesquisados neste trabalho concordam com a distribuição dos kanbans por faixas coloridas, similares a um semáforo, que funcionam como sinais de alerta para o sistema de produção. Quando os cartões kanbans estão posicionados nas faixas verdes isso significa situação normal de produção; as faixas amarelas significam atenção e a faixa vermelha indica um item crítico cuja produção deve ser priorizada, evitando-se assim o não atendimento das demandas.

Moura (1994, p. 235) define o seguinte critério para distribuição dos kanbans nas faixas do quadro porta kanbans: “a soma de cartões na zona verde representa o tamanho do lote do item, enquanto as zonas amarela e vermelha são responsáveis pelo estoque de segurança e uso durante o lead time”.

O presente modelo utilizará o critério definido por Moura (1994) com algumas adaptações, conforme segue:

- Nas faixas vermelhas serão distribuídas as parcelas referentes ao lead time dos itens ($NKLT_i$) e ao consumo dos itens durante o tempo necessário para o setup de cada item, somado-se a elas a quantidade de um kanban para evitar desabastecimento até que o primeiro kanban seja produzido, conforme definido pela equação 3.24.

$$QKF_{\text{verm.}} = NKLT_i + \frac{D_i \times TSi}{Q_i \times TCMD_i} + 1 \quad (3.24)$$

onde: $QKF_{\text{verm.}}$ = quantidade de kanbans nas faixas vermelhas.

Ao utilizar-se esse critério se estará dando à faixa vermelha sua real função, que é de avisar antecipadamente a necessidade de iniciar o setup e a produção dos itens sem que haja falta de atendimento de seus clientes; ou seja, a chegada do primeiro cartão kanban à faixa vermelha significa urgência e implica o início imediato do setup para produção do respectivo item.

- Nas faixas verdes serão distribuídas as parcelas referentes aos lotes de produção dos itens, considerando-se as quantidades de kanbans para o

lote mínimo do item (NKLMi), somadas à parcela da quantidade de kanbans do item referente ao índices de não qualidade dos itens que utilizam recursos físicos do sistema para serem reprocessados ou repostos (NKIQEi) e à fração da parcela da quantidade de kanbans referente à defasagem entre períodos de consumo e produção dos itens (NKTDi) em relação ao NS**, deduzindo-se disso a quantidade de kanbans já distribuídos nas faixas vermelhas do quadro, conforme definido na equação 3.25.

$$QKFverde = NKLMi + NKLTi + NKIQEi + (NKTDi / NS**) - QKFverm. \quad (3.25)$$

onde: QKFverde = quantidade de kanbans nas faixas verdes.

- Nas faixas amarelas serão distribuídas as parcelas das quantidades de kanbans referentes ao restante dos kanbans, conforme definido pela equação 3.26.

$$QKFamar. = NKi - QKFverm. - QKFverde \quad (3.26)$$

onde: QKFamarela = quantidade de kanbans nas faixas amarelas.

Para permitir que os operadores identifiquem de forma visual, e em qualquer momento, qual item deve ser produzido na seqüência, o presente modelo sugere que o layout do quadro porta kanbans possua mais de uma faixa para as cores verde e amarela, devendo a distribuição dos cartões kanbans nessas faixas obedecer aos seguintes critérios:

1. A distribuição dos cartões em cada faixa deve obedecer ao sentido de cima para baixo do quadro.
2. Deve-se dividir a quantidade de cartões kanbans em partes iguais para cada faixa, arredondando sempre para cima. Por exemplo, se a quantidade de faixas vermelhas for iguais a uma, a das verdes igual a três e a das amarelas igual a duas, deve-se: a) nas faixas verdes, distribuir 1/3 dos cartões, definidos pela equação 3.25, por faixa, b) nas faixas amarelas, distribuir 1/2 dos cartões definidos pela equação 3.26, por faixa e c) na faixa vermelha, todos os cartões

definidos pela equação 3.24. Em função do arredondamento das quantidades, poderá ocorrer que uma das faixas fique vazia. Por exemplo, admitindo-se que a quantidade de cartões kanbans definidos pela equação 3.26 fosse igual a 4 e utilizando-se a relação de 1/3 para cada faixa, obter-se-ia a seguinte distribuição:

- A Primeira faixa verde de cima para baixo = $4/3 = 1,33$. Logo, é igual a 2 cartões kanbans.
 - A segunda faixa verde = $4/3 = 1,33$, o que também equivale a 2 cartões kanbans.
 - A terceira faixa verde não teria cartão.
3. O item a ser produzido deverá ser definido como o que tiver atingido a faixa mais alta do quadro. Em casos de existir mais de um item na mesma faixa, deverá ser escolhido o item que estiver mais próximo de atingir a quantidade máxima de cartões na referida faixa.
 4. Quando um item atingir a faixa vermelha dever-se-á dar prioridade total à sua produção, independentemente do estágio de produção daquele que está ocupando o recurso, sob pena do atendimento da sua demanda ficar comprometido.

Notas:- É preciso lembrar que os cartões deverão ser posicionados no quadro no sentido inverso, ou seja, de baixo para cima, obedecendo às quantidades definidas em cada faixa para cada item.

Para estabelecer o seqüenciamento da produção dos itens nos recursos produtivos, deve-se iniciar o processo de produção logo que o primeiro cartão acione o quadro porta kanbans. Ao término da produção deste, deve-se recorrer ao quadro para identificar o próximo item a ser produzido, e assim por diante. Vale ressaltar que o sistema foi dimensionado considerando que os recursos, quando disponíveis, estarão sempre em produção ou em setup. Agindo desta forma será estabelecido o sequenciamento de produção dos itens, mesmo que eles sejam consumidos simultaneamente e na mesma proporção.

A Figura 3.10 mostra um exemplo de evolução do seqüenciamento de produção de um sistema kanban composto de 3 itens (A, B e C) que

compartilham um mesmo recurso produtivo. Para facilitar a demonstração e o entendimento, admitiu-se um sistema isento de: ineficiências, de lead times entre o final de produção dos itens e sua disponibilização no supermercado e de defasagens entre os períodos de produção e de consumo dos itens.

No exemplo em questão, o início do processo de produção ocorrerá com os supermercados cheios, onde aos 0 (zero) minuto, quando os clientes retiram o primeiro kanban e o quadro porta kanbans é acionado, o recurso produtivo iniciará o setup de um dos itens (item "B"). Após produzir todos os kanbans consumidos deste primeiro item, inclusive os consumidos durante o período de setup do mesmo, o quadro será verificado para identificar qual o próximo item a ser produzido. Na medida que, neste exemplo, o sistema é considerado perfeito, os itens "A" e "C" se encontram na mesma faixa do quadro. Portanto, de acordo com o terceiro critério, optou-se por produzir o item que apresentava menos déficit de kanbans para atingir a próxima faixa - ou seja, o item "C". Após produzir todos os kanbans de "C", incluindo os consumidos até o término do setup, repete-se a verificação do quadro para identificar o próximo item a ser produzido, que neste exemplo será o item "A". Caso não ocorra nenhuma anomalia, o seqüenciamento da produção estará estabelecido, sendo sua estabilidade concluída quando ocorrer a repetibilidade dos tamanhos dos lotes de produção dos itens. Neste exemplo, em função de admitir-se um sistema isento de ineficiências e defasagens, a estabilidade é atingida quando o tamanho dos lotes dos itens atingir o valor do lote mínimo de produção, isso ocorrendo aos 13329 minutos (13,89 períodos).

Figura 3.10 Exemplo de evolução do seqüenciamento da produção em um Sistema Kanban.

Item	Demanda Di	Quant. de itens por contentor Qi	Tempo de prod. em minutos (TPi)	Tempo p/ realizar Setup em minutos (TSi)	Tempo de disp. do recurso em minutos (TDR)	Tempo médio de consumo das Di em minutos (TCMD)	Quant. Setups do sistema (NS)	Parcela Quant. Kanbans Lote Minimo (NKLMi)	Quant. Total Kanbans de cada item (NKi)
A	500	1	0,8	10	960	960	2,0	250	250
B	240	1	1	20		960		120	120
C	220	1	1	20		960		110	110

Tempo decorrido de consumo das demandas (min)		Distribuição máxima dos Kanbans em cada uma das faixas do quadro porta Kanbans						...									
		0	20	26	46	58	68	13329	13349	13469	13489	13598	13608	13808	13828	...	
A	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	
	0																
	0																
	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	25	81	81	0	0	
	81	0	0	0	0	0	0	0	0	23	33	81	81	81	81	23	33
B	6	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	1	6	
	0																
	0																
	38	0	0	0	0	0	0	0	38	38	0	0	0	0	38	38	
	38	0	0	0	0	0	0	0	38	38	0	0	24	27	38	38	
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	
	0																
	0																
	35	0	0	0	0	0	0	0	4	9	35	35	0	0	4	9	
	35	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35	0	0	35	35	
Ação no Recurso produtivo		Setup B	Produção de B	Setup C	Produção de C	Setup A	Produção de A	...	Setup B	Produção de B	Setup C	Produção de C	Setup A	Produção de A	Setup B	Produção de B	...
Tempo referente a ação que está ocorrendo no recurso (min)		20	6	20	12	10	30	...	20	120	20	110	10	200	20	120	...

Conforme verificado no exemplo anterior, em virtude do processo ter se iniciado com o nível máximo de estoque de cada item no supermercado, o tempo para que o sistema alcançasse a estabilidade dos lotes de produção foi consideravelmente longo (13,89 dias) e, durante toda a evolução do seqüenciamento de produção até sua estabilidade, o sistema trabalhou com estoques acima do necessário, o que contraria a filosofia de mentalidade enxuta.

Para que essa estabilidade possa ocorrer o mais rápido possível, é de fundamental importância que o processo seja iniciado com um nível mínimo de estoque dos itens nos supermercados, de forma a garantir o atendimento das demandas e permitir o equilíbrio da produção dos itens que compartilham os recursos, sem que haja excesso de setups e evitando-se falta no atendimento dos clientes. A definição desse nível mínimo requer um estudo específico, aprofundado e prolongado, o qual será recomendado para trabalhos futuros.

3.6 Fase 5 – Dinâmica de Acompanhamento das Variáveis que Influenciam no Dimensionamento do Sistema Kanban

Conforme comentado no Capítulo 2, uma das funções do sistema Kanban é identificar os problemas. Esta fase do modelo tem por objetivo estabelecer a dinâmica de acompanhamento, definindo os critérios de avaliação e redimensionamento do mesmo.

O monitoramento constante do quadro porta kanbans, em nível de “chão de fábrica”, é o meio que permitirá diagnosticar se o sistema está super ou sub dimensionado, conforme segue.

De acordo com os critérios utilizados para distribuição dos kanbans nas faixas do quadro porta kanbans em sistemas isentos de ineficiências e defasagens entre produção e consumo dos itens, o seqüenciamento da produção deverá estabilizar-se de forma que o término de produção de um item e o início do setup de outro sempre ocorra quando o primeiro kanban do item a ser produzido atingir as faixas vermelhas, conforme demonstrando no exemplo da Fase 4. No caso de sistemas isentos de ineficiências mas com defasagem entre os períodos de produção e de consumo de algum dos item, o seqüenciamento da produção deverá estabilizar-se de forma a que, em todos os períodos de produção, ocorra o setup de pelo menos um dos itens quando o primeiro kanban atingir as faixas vermelhas.

Para os dois casos anteriores, o sistema estará super dimensionado quando a estabilização dos tamanhos dos lotes de produção for alcançada e o início dos setups de todos os itens no recurso produtivo ocorrer antes do primeiro cartão de qualquer um deles atingir a faixa vermelha do quadro. Por outro lado, o sistema estará sub dimensionado quando a estabilização dos tamanhos dos lotes de

produção for alcançada e persistir o não término da produção total do lote de qualquer um desses itens antes que mais de um cartão kanban de um outro item atinja a faixa vermelha do quadro.

Em sistemas não isentos de ineficiências, independentemente da existência ou não de defasagens entre os períodos de produção e de consumo dos itens, a estabilidade do seqüenciamento da produção deverá ocorrer de forma que os setups e a produção dos itens comecem, normalmente, quando seus respectivos kanbans estiverem nas faixas amarelas dos quadros porta kanbans, podendo esporadicamente atingir a faixa vermelha quando os níveis de todas as ineficiências do sistema forem máximas.

Da mesma forma que em sistemas isentos de ineficiências, independentemente da existência de defasagens entre os períodos de produção e de consumo dos itens, também nos sistemas com ineficiências haverá sub dimensionamento das quantidades de kanbans quando, mesmo atingida a estabilização dos tamanhos dos lotes de produção dos itens, persistir o não término da produção total do lote de qualquer um desses itens antes que mais de um cartão kanban de um outro item atinja a faixa vermelha do quadro.

Em qualquer sistema, as quantidades de kanbans estarão super dimensionadas quando, mesmo atingida a estabilidade dos tamanhos dos lotes de produção dos itens, os setups de qualquer um dos itens estiverem iniciando antes dos cartões completarem as faixas verdes, ou nunca atingirem a faixa vermelha do quadro.

Ao diagnosticar-se uma das ocorrências acima, é preciso revisar os valores das variáveis que influenciam o dimensionamento das quantidades de kanbans e redimensionar a quantidade de kanbans do sistema.

Além do monitoramento do quadro porta kanbans, é de suma importância que todas as melhorias e mudanças de processos envolvendo as variáveis implicadas no dimensionamento das quantidades de kanbans, incluindo o nivelamento da produção, sejam comunicadas sistematicamente aos responsáveis pela manutenção do sistema, para que o redimensionamento das quantidades de kanbans e a atualização dos quadros porta kanbans do sistema sejam executados.

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DO MODELO

4.1 Introdução

De acordo com o objetivo inicial, e buscando avaliar a viabilidade de implantação do modelo proposto, realizou-se um estudo de caso em uma empresa de grande porte do ramo de Eletrodomésticos cuja implementação será detalhada neste capítulo.

A Implementação do modelo ocorreu em uma das unidades fabris dessa empresa, sediada no Estado de Santa Catarina desde 1950. A produção mensal média da unidade na época era da ordem de 270.000 produtos destinados ao mercado nacional e exportação, com uma força de trabalho de aproximadamente 6.000 funcionários e uma área construída de mais de 200.000 metros quadrados.

Em função de a empresa possuir cinco unidades fabris no Brasil, sua diretoria e alguns setores, como, por exemplo, Tecnologia da Informação, Marketing e Vendas, são corporativos e estão sediados no Estado de São Paulo.

No que tange à aplicação do Modelo, todas as previsões de vendas, o controle das operações logísticas e a realização do planejamento mestre de produção são definidos a nível corporativo e repassado aos setores de Planejamento e Controle da Produção (PCP) de cada unidade fabril. As unidades fabris, por sua vez, são responsáveis pelo planejamento e controle da produção local para os itens comprados e fabricados, assim como também pela definição dos recursos físicos e humanos exigidos pelas demandas, a médio e curto prazo, e acompanhamento da produção dos diversos setores locais, introduzindo-se os devidos ajustes finos e diários mas sempre buscando seguir o planejamento mestre com o menor desvio possível.

A unidade fabril onde ocorreu a implementação possui uma grande diversificação de modelos de produtos, em torno de 700 SKU, sendo o comportamento mensal das demandas do mercado interno de natureza sazonal e com a maioria dos pedidos concentrando-se nos últimos dias do mês. Já o comportamento do mercado externo possui características mais estáveis, com a

maioria dos pedidos previamente confirmados por meio de contratos que estabelecem os volumes e as datas de entrega, havendo apenas uma pequena parcela de pedidos confirmados no decorrer do mês corrente. Essas características, aliadas à disponibilidade dos recursos físicos para produção de cada modelo de produto, tornam o sistema produtivo bastante complexo, fazendo com que seja necessário produzir para estoque os produtos comercializados no mercado interno e contra pedido os do mercado externo.

O setor de Vendas e Operações Logísticas, que é corporativo, é responsável por realizar mensalmente o planejamento mestre da produção de curto prazo, considerando os pedidos confirmados e as previsões de vendas por grupo de produtos. Embora haja um planejamento mensal, apenas a última semana é firme, sendo as demais atualizadas semanalmente, conforme a evolução das vendas e dos estoques.

Com base no planejamento mestre de produção mensal de curto prazo, os recursos físicos e humanos são dimensionados e as ordens de compra dos componentes e matérias primas de curto lead time estabelecidas, sendo estas também ajustadas semanalmente segundo a atualização do plano. Assim, o PCP local adotou realizar a programação da produção semanalmente, com base na semana firme do planejamento mestre, conforme será detalhado no item 4.2.2.

4.2 Características do setor onde ocorreu a Implementação do modelo

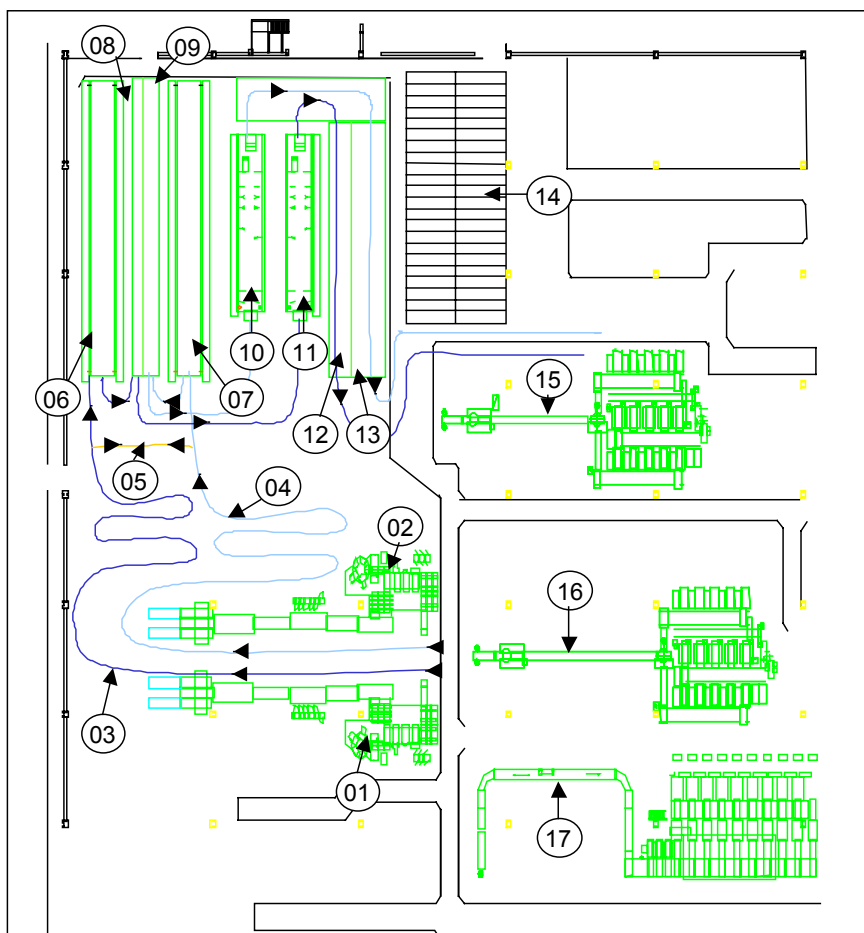
A aplicação prática do modelo deu-se em um momento bastante propício, na medida que a organização iniciava um processo sistêmico e global de implementação do Sistema Toyota de Produção (STP) em todas as suas unidades produtivas. Essa iniciativa ocorria sob a coordenação da alta direção, com envolvimento e treinamento de todos os níveis da organização nas diversas ferramentas que compõe o STP.

Aproveitando-se o planejamento de implantação do STP e as prioridades estabelecidas pela equipe de coordenação, realizou-se a implementação do modelo proposto, o qual se deu na área de fabricação e pintura de gabinetes do setor 3, cujo funcionamento será detalhado a seguir.

A fabricação e pintura dos gabinetes do setor 3 são realizadas por dois

sistemas integrados e atuantes em fluxo contínuo, obedecendo ao FIFO, em que o primeiro gabinete fabricado é também o primeiro a passar por todas as etapas do processo. Cada sistema contém um equipamento automático de fabricação de gabinetes, outro de desengraxe e fosfatização, um terceiro de pintura e, por último, duas estufas, sendo uma dedicada à secagem após o desengraxe e fosfatização e outra à cura da tinta após a pintura. Todos esses equipamentos estão interligados por um conjunto de transportadores aéreos que, além de realizar a translocação dos gabinetes por todas as etapas do processo, permite a estocagem de 400 gabinetes (200 em cada sistema) entre os processos de fabricação e os de desengraxe e fosfatização. Um by pass localizado antes da entrada do equipamento de desengraxe realiza a interligação dos dois sistemas, possibilitando desviar os gabinetes de um sistema para outro. A Figura 4.1 mostra o layout esquemático do Setor 3, incluindo os clientes montadores dos produtos consumidores dos gabinetes e que são constituídos por três linhas de montagem (linhas 1, 2 e 3).

Figura 4.1 Layout do Setor 3.



A Figura 4.1 permite identificar os seguintes pontos, conforme a numeração:

- Itens 01 e 02 – Equipamentos de fabricação de gabinetes.
- Itens 03 e 04 – Transportadores aéreos dos gabinetes.
- Item 05 – By pass entre os dois transportadores.
- Itens 06 e 07 – Equipamentos de desengraxe e fosfatização.
- Itens 08 e 09 – Estufas entre fosfatização e pintura.
- Itens 10 e 11 – Equipamentos de pintura.
- Itens 12 e 13 – Estufas pós pintura (cura da tinta).
- Itens 14 – Área de estocagem dos gabinetes pintados (Supermercado).
- Itens 15, 16 e 17 – Linhas de montagens 3, 2 e 1, respectivamente (linha de montagem dos produtos consumidores dos gabinetes).

Os principais problemas do setor, que levaram os coordenadores a priorizar a implantação do Sistema Kanban como meio de gerenciamento, foram:

- Programação dos recursos e sequenciamento da produção dependente da experiência das pessoas (programadores em nível de “chão de fábrica”);
- Complexidade do sistema, dificultando a definição adequada dos lotes e da seqüência de produção;
- Baixo nível de eficiência produtiva dos equipamentos de fabricação de gabinetes (65%), sendo um dos motivos a quantidade de setups realizada;
- Não atendimento das demandas no momento correto, a falta de gabinetes sendo a causa de 5% dos desvios entre o planejado para a semana firme e o realizado;
- Espaço restrito para estocagem dos gabinetes (material volumoso);
- Estoque médio de gabinetes pintados de em torno de 1200 unidades, sendo seu mix não condizente com as necessidades dos clientes;
- Sistema funcionando como “caixa preta”, impossibilitando saber o que estava sendo processado em cada etapa.

4.2.1 Funcionamento do sistema Produtivo do Setor onde o modelo foi implementado

Tomando o Layout da Figura 4.1 como base, todo o processo se inicia com a produção de gabinetes nos equipamentos de fabricação (itens 1 e 2), os quais são estações “transfers” que compreendem um ponto de alimentação de fardos de chapas, um ponto de alimentação manual de peças e várias estações de trabalho automáticas responsáveis pelas operações de estampagem, dobras e união de todas as peças até a finalização de cada item, com tempo de processo de 0,310 minutos por gabinete, indistintamente.

Após sua fabricação, os gabinetes são pendurados um a um nos transportadores aéreos (itens 3 e 4). Aqueles fabricados pelo equipamento 1 são pendurados no transportador 3 e os fabricados pelo equipamento 2 no transportador 4. Esses transportadores interligam todos os processos conduzindo os gabinetes pelas etapas do sistema. O trecho entre os equipamentos de fabricação de gabinetes e os de desengraxe e fosfatização, além de sua função de transporte, também exerce a função de estoque pulmão e consome um período de tempo de transporte de 15 minutos.

Nas entradas dos equipamentos de desengraxe e fosfatização (itens 6 e 7) os transportadores são interligados por meio de um by pass (item 5) que permite aos programadores dos equipamentos de pintura definir para qual pintura os gabinetes devem ser encaminhados. Normalmente, não havendo problemas, os gabinetes pendurados no transportador 3 são encaminhados para o equipamento de desengraxe e fosfatização 6 e os pendurados no transportador 4 para o equipamento 7.

Os tamanhos dos lotes de gabinetes a serem pintados nas diversas cores e os espaços em vazio correspondentes ao tempo necessário para realizar as trocas de cores nas pinturas são controlados pelo gerenciador do transportador, conforme programação informatizada, “on line”, realizada pelos programadores das pinturas. Assim, a cada troca de cor definida, o fluxo de gabinetes na entrada do processo de desengraxe e fosfatização é interrompido durante o tempo pré-definido para cada cor. Da mesma forma, os transportadores realizam a contagem e o controle automático das quantidades de gabinetes correspondentes aos lotes

programados.

É importante observar que o tamanho dos lotes de gabinetes e sua seqüência de fabricação e pintura devem ser definidos desde o início de todo o sistema, ou seja, nos equipamentos de fabricação 1 e 2.

Os equipamentos de desengraxe e fosfatização são compostos por diversos banhos, sendo o tempo de processo de cada gabinete definido pela velocidade do transportador dentro dos banhos e pela distância entre um gabinete e outro; o tempo total para um item passar por todas as etapas deste processo corresponde a 18 minutos.

Após a etapa de desengraxe e fosfatização os gabinetes passam pelo processo de secagem, o qual é realizado nas estufas (itens 8 e 9) e consome 12 minutos.

Na seqüência, os gabinetes passam à fase de pintura (itens 10 e 11), composta por várias etapas automatizadas e com um tempo de processo também definido pela velocidade do transportador e pela distância entre os gabinetes. O tempo total para que um item percorra todas as etapas de pintura é de 5 minutos.

Após a pintura os gabinetes passam pelo processo de cura da tinta, realizado nas estufas (itens 12 e 13) durante 35 minutos.

Terminada a cura da tinta os gabinetes são transportados até a área de descarga e estocagem (item 14) e então fornecidos para as linhas 3, 2 e 1 (itens 15, 16 e 17, respectivamente), a operação consumindo 15 minutos.

4.2.2 Composição do mix de gabinetes e sistema de programação das linhas de montagem

Embora os vários produtos acabados provenientes das três linhas de montagem totalizem mais de 100 modelos, todos são derivados de 17 gabinetes pintados, que por sua vez são derivados de apenas 5 tipos diferentes de gabinetes fabricados, conforme demonstrado na Figura 4.2. Normalmente, a composição dos mix de produtos definida nos planos mestres semanais de produção de curto prazo é diversificada e, por conseguinte, as demandas e composições dos mix dos gabinetes pintados variam de semana à semana, havendo consumos esporádicos de alguns deles.

Figura 4.2 Modelos de produtos acabados e suas derivações de gabinetes pintados e fabricados.

MODELOS DE PRODUTOS ACABADOS	TIPOS DE GABINETES PINTADOS	TIPOS DE GABINETES FABRICADOS
BVG24CBANA CVU26CBANA CRA34DBBNA BVG24CBBNA CVU26CBBNA CRA34DBDEA CVG24ABDEA WVS26ABDWC CRP34ABANA WVG24ABAWS BRO31ABANA CRP34ABBNA WVG24ABBWS WRO31ABDWA CRP34ABDEA WVG24ABZKA CRA34DBANA CRP34ABDWA WVG24ABZWM CRA34DBBNA CRP34ABDWC WVG24BBDWC CRP34ABANA WRA34DBTWW BVS26BBBNA CRP34ABBNA	CRA 32 (BRANCO)	CRA32
WRA32ABTWD	CRA 32 (EURO BRANCO)	
CRA34DCANA CRA34DCBNA CRP34ACBNA	CRA 32 (BEGE)	
CRA34DDANA	CRA 32 (MARRON)	
BRA34RSANA	CRA 32 (PRATA)	
BRA34YRANA	CRA 32 (PRETO)	
WRA34DATWW	CRA 32 (AMENDOIA)	
BVE28CBANA WVG28ABZKA WRF36AB9WG BVE28CBBNA WVG28ABZWM WRF36ABBWX BVG28ABPWT WVG28BBDWC WRF36ABDWX BVG28CBANA WVG28BBZWI CRP38ABANA BVG28CBBNA CVU30CBANA CRP38ABBNA WVG28ABAWS CVU30CBBNA CRP38ABDEA WVG28ABBWS CVU30CBDEA CRP38ABDWA WVG28ABBWX BRO35ABDEG BRF36CBBNA WVG28ABDWA WRO35ABDWM BRF36CBANA	CRA 36 (BRANCO)	CRA 36
CVU30CCBNA CRP38ACANA CRP38ACBNA	CRA 36 (BEGE)	
CRA36DDANA	CRA 36 (MARRON)	
BVE28LQANA BRF36LQANA	CRA 36 (LUMINATA)	
CRA36BADEA	CRA 36 (AMENDOIA)	
BVE28YRANA BRF36YRBNA YRF36BR9WM BVE28YRBNA WRF36XR9WG BRF36YRANA WVG28XR9WG	CRA 36 (PRETO)	
BVG28RSANA	CRA 36 (PRATA)	
ARA30CBTWW CRC30CBDMS WRA30CBDWX CRA30CBDEX ERA30CBDEL CRA30CBTWW WRA30CBDWW	OPERETA 30 (BRANCO)	OPERETA 30
ARA30CATWW	OPERETA 30 (AMENDOIA)	
CRA30CCDEX	OPERETA 30 (BEGE)	
CRA34CBDEX BRA35BBANA CRA34CBTWW BRA35BBBNA	OPERETA 34 (BRANCO)	OPERETA 34
CRA34CATWW	OPERETA 34 (AMENDOIA)	
CRA28BBANA	WINNER (BRANCO)	WINNER
ARC28BBAME CRC28BBDJA WRA28ABTWW CRA28BBANA CRC28BBDMS WRC28BBDWM CRA28BBBNA ERC28BBDWA CRC28BBDEA WRA28ABDWX	FREVO (BRANCO)	FREVO
CRA28BCANA CRA28BCBNA	FREVO (BEGE)	
ARC28BAAME CRC28BADEA WRA28AATWW	FREVO (AMENDOIA)	

Desta forma, o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) da unidade fabril local realiza a programação da produção diária das linhas de montagem todas as sexta feiras, com base na semana firme definida pela área corporativa de Vendas e Operações Logísticas. Um dos critérios adotados é manter constantes os volumes diários planejados para cada linha, conforme o

dimensionamento dos recursos humanos realizado sempre no início de cada mês, podendo variar somente o mix e os volumes de cada modelo.

O processo de setups dos modelos nas linhas de montagem é longo (uma hora) e o planejamento mestre é realizado com base em uma eficiência das linhas de montagem de 85%. Essa restrição é estabelecida pelas quantidades de equipamentos e ferramentais existentes para o processo de isolação dos produtos, onde cada linha de montagem possui um equipamento composto de 10 a 12 cavidades, tendo cada modelo de produto acabado uma quantidade de ferramentais que varia de 2 a 8, com tempos de processo diferentes para alguns deles. Em vista dessas características, a programação da produção das linhas é realizada com base na experiência dos programadores, cujo critério é estabelecer o menor número de setups possíveis. Isso provoca mix e volumes de produção variáveis durante a semana de produção considerada firme, não atendendo a um nivelamento perfeito de produção, conforme comentado na Fase 1 do Capítulo 2.

Outro ponto importante a ser considerado é a ação tomada pelo PCP local quando ocorre algum problema que impeça a produção de um determinado produto segundo o planejado. Nesses casos a programação é revisada e alterada, antecipando-se itens definidos no plano mestre da semana seguinte de maneira a poder recuperar, mais tarde, a fabricação dos itens cuja produção foi interrompida ou postergada.

Com base nas programações das linhas de montagens, realiza-se a explosão da estrutura dos produtos e definem-se os mix de gabinetes pintados e as respectivas demandas; estas, por sua vez, são utilizadas para programar os equipamentos do setor 3 e, com a implementação do sistema Kanban, também para o dimensionamento das quantidades de kanbans do sistema.

4.3 Aplicação do Modelo de dimensionamento da quantidade de kanbans do sistema

A dinâmica de dimensionamento da quantidade de kanbans proposta pelo modelo envolve muitos cálculos e variáveis, qualquer alteração exigindo um redimensionamento. Por outro lado, conforme observado no item 4.2, os volumes e mix das demandas de itens do setor onde o modelo foi implementado mudam semanalmente. Dessa forma, foi indispensável implementar o modelo de forma

informatizada e, para tal, desenvolveu-se uma planilha de cálculo utilizando-se o software Excel. A informatização das dinâmicas de cálculo foi descrita em detalhes no decorrer da apresentação das etapas de implementação do modelo.

Seguindo as etapas definidas no Capítulo 3, conclui-se que o sistema Kanban a ser implementado é do tipo com setups, composto por um grupo de recursos produtivos que realizam operações complementares obedecendo ao “FIFO”, sendo cada operação também realizada por um grupo de dois recursos produtivos, dos quais apenas os equipamentos de fabricação de gabinetes e de pintura necessitam de tempo para realizar as trocas entre a produção de um item e outro. Os dois equipamentos de fabricação de gabinetes (itens 1 e 2 do Layout) constituem a restrição do sistema. Desta forma, o dimensionamento dos kanbans foi realizado para os gabinetes pintados, representados na Figura 4.2.

A primeira etapa do dimensionamento das quantidades de kanbans, correspondente à Fase 1 do modelo, consistiu em definir as variáveis que influenciavam o dimensionamento e seus valores.

Com esse enfoque, o primeiro passo (Quadro 1 da Figura 3.2) foi definir os períodos de consumo das demandas (TCD). Para este estudo de caso optou-se por utilizar o tempo relativo a um turno de trabalho para todos os itens, ou seja, 8 horas (480 minutos). Vale ressaltar que o turno de maior ocupação dos recursos é o que será considerado para a definição das quantidades de setups do sistema.

O segundo passo (Quadro 2 da Figura 3.2) consistiu em identificar o nivelamento de produção dos clientes que consomem os gabinetes pintados dentro do período definido. Conforme comentado, a programação das linhas de montagem é realizada pelos programadores do PCP, sem observar-se o nivelamento da produção. Embora esta seja uma das adaptações em relação à teoria a ser considerada, para este estudo de caso não foi possível cumprir a etapa exatamente conforme definido no Capítulo 3 devido à complexidade do sistema produtivo onde o modelo foi implementado.

O cumprimento dessa etapa exigiria mudanças radicais no sistema de programação e produção de toda a organização, o que não correspondia ao foco da organização e, além do mais, comprometeria o prazo de desenvolvimento deste trabalho. Em função disso, e com o objetivo de evitar o não atendimento

das demandas, os maiores valores de demandas de cada item nos turnos de trabalho da semana de programação firme foram utilizados para o dimensionamento, sendo eles definidos pela planilha de cálculo informatizada. A planilha utiliza a programação dos modelos de produtos das três linhas de montagem nos diversos turnos de trabalho da semana firme, convertendo os modelos em gabinetes pintados e transferindo os valores das demandas para as células da planilha de cálculo correspondentes à data de programação, ao turno de trabalho e à linha de montagem, conforme representado nas colunas “E”, “F” e “G” da Figura 4.3.

Com as demandas de todos os turnos estabelecidas, a planilha realiza a comparação e extrai os valores máximos de cada item considerando todos os turnos de trabalho da semana firme, conforme demonstrado na coluna “D” da Figura 4.3.

Figura 4.3 Programação das linhas de montagens (exemplo de dois dias).

A	B	C	D	E	F	G	H	E'	F'	G'	H'
DATA DA PROGRAMAÇÃO →				17/03/2005				18/03/2005			
ITEM	LINHA	NS PRÉ DEFINIDOS	D MÁXIMA	D NO 1º TURNO	D NO 2º TURNO	D NO 3º TURNO	TEMPO P/ PRODUZIR OS ITENS CUJOS NS É PRÉ DEFINIDO	D NO 1º TURNO	D NO 2º TURNO	D NO 3º TURNO	TEMPO P/ PRODUZIR OS ITENS CUJOS NS É PRÉ DEFINIDO
CRA 32 (Bege)	L1	0,0	372	100	100	0	0	100	0	0	0
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			0	0	0		172	172	0	
CRA 32 (BR)	L1	0,0	605	215	215	0	0	215	270	0	0
	L2			170	170	130		170	170	130	
	L3			220	220	0		63	63	0	
CRA 36 (Bege)	L1	0,0	345	0	20	0	0	0	0	0	0
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			200	200	0		200	200	0	
CRA 36 (BR)	L1	0,0	510	45	70	0	0	135	80	0	0
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			175	175	0		175	175	0	
CRA 36 (Preto)	L1	1,4	100	90	45	0	42,43	0	100	0	45,54
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			0	0	0		0	0	0	
FREVO (Bege)	L1	0,0	420	0	0	0	0	0	0	0	0
	L2			335	0	0		335	335	275	
	L3			0	0	0		0	0	0	
FREVO (BR)	L1	0,0	670	0	0	0	0	0	0	0	0
	L2			335	670	550		335	335	275	
	L3			0	0	0		0	0	0	
OPER 30 (BR)	L1	0,0	300	0	0	0	0	0	0	0	0
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			100	100	0		100	100	0	
WINNER (BR)	L1	2,0	140	0	0	0	57,98	0	0	0	53,315
	L2			0	0	0		0	0	0	
	L3			140	140	0		125	125	0	

O terceiro passo (Quadro 3 da Figura 3.2) consistiu em identificar os itens, e suas demandas, que proporcionariam um maior carregamento do recurso em um mesmo período.

Antes de identificar os itens e suas demandas no turno de trabalho de maior ocupação, foi necessário identificar os modelos de gabinetes pintados com volumes de demandas baixos e que geraram lotes de produção economicamente inviáveis, quando utilizada a quantidade de setups calculada para o sistema. Para tal, estabeleceu-se que os lotes mínimos de produção não poderiam ser inferiores a 100 unidades, exceto no caso de itens cuja somatória das demandas máximas nos três turnos do dia não atingisse esse valor. Utilizando a planilha de cálculo eletrônica, realizaram-se simulações para definir o valor de corte das demandas que gerariam lotes inferiores a 100 unidades. Nessas simulações observou-se que, ao utilizar-se a quantidade de setups calculada para o sistema, as quantidades de kanbans dos itens com demandas máximas inferiores a 200 unidades por turno geravam lotes de produção economicamente inviáveis. Assim, estabeleceu-se que a quantidade de setups para esses itens seria pré-definida, sendo essa definição realizada automaticamente pela planilha de cálculo, conforme demonstrado na coluna “C” da Figura 4.3.

O cálculo dos tempos necessários para produção das demandas dos itens com setups pré-definidos inclui, além do tempo necessário para produção de suas demandas em um período, os tempos referentes aos índices de não qualidade IQE e os tempos para realização de seus setups, conforme representado na coluna “H” da Figura 4.3. De acordo com o modelo (Quadro 4 da Figura 3.2), esses tempos devem ser deduzidos do tempo planejado de disponibilidade dos recursos (TPDR; coluna “C” da Figura 4.4), gerando automaticamente o tempo disponível dos recursos (TDR; coluna “G” da respectiva figura). Este último é, então, utilizado no cálculo da quantidade de setups do sistema para os demais itens, os quais são identificados por apresentarem valores iguais a zero na coluna “C” da Figura 4.3.

Figura 4.4 Dados dos Recursos Produtivos.

A	B	C	D	E	F	G
Características dos recursos produtivos						
Grupo de Recursos		Disponibilidade planejada dos recursos no turno de maior ocupação (TPDR) (min)	Tempo médio de paradas dos recursos para Manutenção durante um turno de trabalho (TMMR) (min)	Maior Soma de tempo de paradas dos recursos para Manutenção durante um turno de trabalho (TMR) (min)	Tempo de Disponibilidade dos recursos no turno de maior ocupação (TPDR - Tempo p/ produzir os Itens) cujos NS pre def. (TDR) (min)	Tempo médio de disponibilidade dos recursos (TDR / Quant. De recursos) (TDMR) (min)
Quant. de Recursos (j)	Descrição dos Recursos					
1	Recurso 1	480	39	120	859,6	429,8
1	Recurso 2	480				
2		960				

Com base nos tempos necessários para produção de itens com setups pré-definidos e nas somatórias das demandas dos itens cuja quantidade de setups é a mesma que a definida para o sistema, define-se o turno de maior ocupação dos recursos. Conseqüentemente, definem-se os itens e valores das demandas a serem utilizadas para estabelecer a verificação da capacidade produtiva, representados pelos cálculos do CP e a quantidade de setups do sistema (NS, NS*, NS**). As demandas desses itens são transferidas para uma segunda coluna da planilha, representada pela coluna “C” na Figura 4.5.

O quarto passo (Quadro 4 da Figura 3.2) consistiu em definir o tempo disponível dos recursos gargalo (TDR). Neste estudo de caso, todos os recursos possuem disponibilidade planejada (TPDR) de 480 minutos para o primeiro e o segundo turnos e de 390 minutos para o terceiro turno. Os valores de disponibilidade planejada de cada recurso são, então, pré-definidos, sendo que a planilha de cálculo carrega automaticamente o valor correspondente ao turno de

maior ocupação dos recursos. Ou seja, no caso do primeiro ou segundo turno carrega-se 480 minutos e no caso do terceiro turno carrega-se 390 minutos, conforme demonstrado na coluna “C” da Figura 4.4.

Assim, conforme comentado no terceiro passo, parte dos TPDR dos recursos é utilizada para produzir os itens com NS pré-definidos, a determinação do valor do TDR (coluna “F” da Figura 4.4) correspondendo à soma dos TPDR (coluna “C” da Figura 4.4), deduzindo-se os valores dos tempos necessários à produção dos itens cujos setups são pré-definidos e consumidos no turno de maior ocupação dos recursos.

Figura 4.5 Dados de entrada dos itens.

A	B	C	D		E		F		G	H
			Tempo Produção em cada recurso TPi (min.)		Tempo de Setup dos itens (TSij) (min)		Cálculo do “VR” para definir os TPI e TSi a serem utilizados nos cálculos			
Descrição dos itens	Demanda máxima dos itens em um turno de trabalho (Di)	Demanda dos itens no turno de trabalho de maior ocupação dos recursos e que serão utilizadas para o cálculo das quantidades de setups do sistema (Di)	Recur. 1	Recur. 2	Recur. 1	Recur. 2	Recur. 1	Recur. 2	(TPi) (min)	(TSi) (min)
CRA 32 (Bege)	372	100	0,31	0,31	10	10	36,43	36,43	0,31	10
CRA 32 (BR)	605	548	0,31	0,31	10	10	29,40	29,40	0,31	10
CRA 36 (Bege)	345	200	0,31	0,31	10	10	37,27	37,27	0,31	10
CRA 36 (BR)	510	220	0,31	0,31	10	10	32,14	32,14	0,31	10
CRA 36 (Preto)	100	0	0,31	0,31	10	10	44,89	44,89	0,31	10
FREVO (Bege)	420	335	0,31	0,31	10	10	34,94	34,94	0,31	10
FREVO (BR)	670	335	0,31	0,31	10	10	27,16	27,16	0,31	10
OPER 30 (BR)	300	100	0,31	0,31	10	10	38,67	38,67	0,31	10
WINNER (BR)	140	0	0,31	0,31	10	10	43,65	43,65	0,31	10

A definição do tempo disponível médio dos recursos (TDMR), demonstrado na coluna “G” da Figura 4.4, corresponde à razão entre a somatória dos TDR (valor contido na coluna “F” da planilha de dados de entrada da Figura 4.4) e a quantidade de recursos que realizam as mesmas operações (neste estudo de caso, igual a dois recursos).

O quinto passo (Quadros de número 5 a 10 da Figura 3.2) consistiu em identificar os tempos de processo (TP) e de setup (TS) de cada item “i” a serem utilizados nos cálculos.

Seguindo as etapas do Capítulo 3, para um sistema composto de mais de um recurso produtivo e trabalhando em fluxo contínuo segundo o “FIFO”, como ocorre neste estudo de caso, é necessário realizar o cálculo do valor referência (VR) para então definir quais os tempos TP e TS dos itens. Entretanto, os TP e TS de todos os itens do sistema em questão são iguais para ambos os recursos, fazendo com que os valores de VR dos itens também sejam iguais (vide Figura 4.5).

Conforme comentado acima, os TP e TS são iguais em ambos os recursos e para todos os itens, o que tornaria desnecessário calcular os valores de referências (VR). Contudo, para que a planilha de cálculo pudesse ser utilizada para outros dimensionamentos, realizou-se o cálculo.

O sexto passo (Quadro 12 da Figura 3.2) consistiu em definir o lead time (LT) para a disponibilidade de cada item nos supermercados, expresso em percentual do período em que as demandas seriam consumidas.

Neste estudo de caso o LT é composto por seis parcelas de tempo. A primeira, de 15 minutos, corresponde ao tempo de transporte entre os equipamentos de fabricação dos gabinetes e a entrada do processo de desengraxe e fosfatização. Conforme o modelo, esta primeira parcela dará origem a uma das parcelas do tempo total de transporte, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_t). A segunda parcela, de 18 minutos, corresponde ao tempo total de processo do desengraxe e fosfatização dos itens e, conforme o modelo, dará origem a uma das parcelas do tempo total de espera entre operações, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_{esp}). A terceira parcela, de 12 minutos, corresponde ao tempo de cura da operação de desengraxe e fosfatização dos itens e, conforme o modelo, dará origem a uma das parcelas do tempo total de cura, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_c). A quarta parcela, correspondente ao tempo total do processo de pintura dos itens, é de 5 minutos e, conforme o modelo, dará origem a uma das parcelas do tempo total de espera entre processos, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_{esp}). A quinta parcela refere-se ao tempo de cura da

tinta dos itens, que se realiza em 35 minutos, e, conforme o modelo, dará origem a uma das parcelas do tempo total de cura, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_c). Finalmente, a sexta parcela, de 15 minutos, refere-se ao tempo de transporte dos itens após a cura até o supermercado e, conforme o modelo, dará origem a uma das parcelas do tempo total de transporte, em percentual do período de consumo médio dos itens (T_t).

Neste estudo de caso, o período médio de consumo dos itens (TCMD) depende do turno de trabalho em que os recursos estarão mais carregados, ou seja, 480 minutos quando o maior carregamento dos recursos gargalo coincidir com o primeiro ou o segundo turno de trabalho e 390 minutos quando coincidir com o terceiro turno. A definição desta variável também é obtida automaticamente pela planilha de cálculo, conforme ilustrado na coluna “B” da Figura 4.6.

A somatória de todas as parcelas acima dividida pelo TCMD dará origem ao LT_i (coluna “I” da Figura 4.6), sendo este cálculo, para este estudo de caso, definido pela somatória das colunas “D”, “F” e “H” na Figura 4.6.

Figura 4.6 Definição dos LT_i .

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Descrição dos Itens	Tempo médio que demanda estará sendo consumida pelos clientes (TCMD) (min.)	Tempo de espera entre operações (min.)	Restrição de Tempo de espera entre processos, em percentual do TCMD ($T_{esp i}$)	Tempo de cura Necessário após produção (min.)	Restrição de Tempo de cura após produção, em percentual do TCMD ($T_{c i}$)	Tempo de transporte Necessário após produção (min.)	Restrição de Tempo de transporte após produção do TCMD ($T_{t i}$)	Restrição de Tempo referente ao lead time Entre produção e a disponibil. dos itens nos supermer. ($T_{esp i} + T_{c i} + T_{t i}$) (LT_i)
CRA 32 (Bege)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
CRA 32 (BR)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
CRA 36 (Bege)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
CRA 36 (BR)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
CRA 36 (Preto)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
FREVO (Bege)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
FREVO (BR)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
OPER 30 (BR)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208
WINNER (BR)	480	23	0,048	47	0,098	30	0,063	0,208

O sétimo passo (Quadro 13 da Figura 3.2) consistiu em definir os tempos de defasagem (TD) entre o tempo médio de disponibilidade dos recursos produtivos

(TDMR) e o tempo médio de consumo total das demandas dos itens (TCMD). Neste estudo de caso a defasagem ocorre devido a parte do tempo planejado disponível dos recursos ser utilizado para produzir os itens com demandas totais menores que 200 unidades. Assim, a planilha realiza, também automaticamente, a definição dos TDi (coluna "B" da Figura 4.7) calculados utilizando os valores do TDMR e dos TCMD de cada item (colunas "G" da Figura 4.4 e "B" da Figura 4.6, respectivamente).

A oitava etapa (Quadro 14 da Figura 3.2) consistiu em identificar, por meio de históricos, os índices de não qualidade de itens que utilizam recursos produtivos do sistema para serem repostos ou recuperados (IQE) e os índices de não qualidade daqueles que não utilizam recursos produtivos do sistema para serem recuperados ou repostos (IQN).

Para a definição dos valores dessas variáveis foi necessário organizar um sistema de coleta de dados durante um mês, já que os históricos existentes não possibilitavam extrair as informações conforme exigido pelo modelo definido no Capítulo 3. A coleta de dados demonstrou um IQE de 8,3% para todos os itens, indistintamente, sendo esse valor imputado manualmente na coluna "D" da planilha de cálculo, conforme apresentado na Figura 4.7. É importante ressaltar que, neste estudo de caso, todos os defeitos gerados utilizam-se dos recursos gargalo para serem recuperados ou repostos, fazendo com que os IQN de todos os itens sejam iguais a zero.

Na nona etapa (Quadro 15 da Figura 3.2) buscou-se identificar os tempos médio e máximo de parada dos recursos para manutenção (TMMR e TMR, respectivamente) em um turno de trabalho, os quais, da mesma forma que os índices de não qualidade, exigiram um sistema de coleta de dados para sua definição conforme o estabelecido no Capítulo 3. Durante o acompanhamento, obteve-se um tempo médio de parada dos recursos em um turno de trabalho de 39 minutos e um tempo máximo de 120 minutos; esses valores foram então utilizados no dimensionamento, conforme apresentado nas colunas "D" e "E" da Figura 4.4.

Uma vez definido o valor TMR, foi possível calcular o TMi de cada item (coluna "C" da Figura 4.7) e compará-lo ao valor do coeficiente de manutenção (Cm), que, por sua vez, é função do tempo médio de parada dos recursos. O

maior valor entre os dois índices foi então utilizado para calcular a parcela referente às quantidades de kanbans de segurança de manutenção dos itens (QKMT).

A décima etapa (Quadro 16 da Figura 3.2) consistiu em definir a quantidade de itens por contentor para cada item (Q_i), o que corresponde a um cartão kanban.

Em função da quantidade de itens envolvidos neste estudo de caso, e buscando uma padronização, optou-se por movimentar 10 gabinetes por vez para todos os itens, sendo esse valor definido de acordo com o primeiro critério sugerido pelo modelo no Capítulo 3. Para garantir essa quantidade, adaptaram-se carrinhos existentes padronizando as quantidades e associando um cartão kanban a cada carrinho movimentado.

Definidas todas as variáveis que influenciam o dimensionamento das quantidades de kanbans do sistema, passou-se à Fase 2 do modelo proposto, em que verificou-se a capacidade dos recursos para fabricação das demandas dos itens que os compartilham e, havendo capacidade, prosseguiu-se aos cálculos dos NS, NS*, NS**, Cq e Cm.

É importante lembrar aqui que, de acordo com o modelo, para que os recursos possuam capacidade produtiva em um sistema do tipo com setup é necessário que o valor do CP seja maior que zero.

Assim, de acordo com o fluxograma da Figura 3.3, desenvolveu-se, para essa verificação, um sistema de cálculo automático que define o valor do CP, conforme demonstrado na coluna “E” da Figura 4.7. Quando o sistema possui capacidade, automaticamente calculam-se as quantidades de setup considerando a) o sistema isento de ineficiências (NS), b) apenas as ineficiências provocadas pelos IQE (NS*) e c) todas as ineficiências (NS**), conforme demonstrado nas colunas “F”, “G” e “H” da Figura 4.7, respectivamente.

Na seqüência, após os cálculos das quantidades de setup, definem-se os valores dos coeficientes de não qualidade (Cq) e de manutenção (Cm), conforme demonstrado nas colunas “I” e “J” da Figura 4.7, respectivamente. Estes servirão para calcular as parcelas das quantidades de kanbans de segurança dos itens, referentes aos índices de não qualidade (NKIQE) e de manutenção (NKTM).

Figura 4.7 Definição dos TDi, TMi, IQEi, CP, NS, NS*, NS**, Cq e Cm.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ITENS	TDi	TMi	IQEi (%)	CP	NS	NS*	NS**	Cq	Cm
CRA 32 (Bege)	0,105	0,125	8,3	182,3	4,50	3,69	3,04	0,049	0,058
CRA 32 (BR)	0,105	0,125	8,3						
CRA 36 (Bege)	0,105	0,125	8,3						
CRA 36 (BR)	0,105	0,125	8,3						
CRA 36 (Preto)	0,105	0,125	8,3						
FREVO (Bege)	0,105	0,125	8,3						
FREVO (BR)	0,105	0,125	8,3						
OPER 30 (BR)	0,105	0,125	8,3						
WINNER (BR)	0,105	0,125	8,3						

Após a verificação de capacidade dos recursos produtivos e da definição de todas as variáveis referentes à Fase 1 do modelo, passou-se à Fase 3, em que se definiram as parcelas das quantidades de kanbans de cada item, conforme apresentado na Figura 4.8.

Figura 4.8 Quantidade de Kanbans do Sistema.

ITENS	PARCELAS DE PRODUÇÃO				PARCELAS DE SEGURANÇA			Quant. Total de Kanbans (NK)
	Quant. Kanbans lote mínimo (NKLMi)	Quant. kanbans defasagem (NKTDi)	Quant. Kanbans de lead time (NKLTi)	Quant. kanbans Demandas produzidas em dias específicos (NKDPi)	Quant. Kanbans Manutenção (NKTMi)	Quant. Kanbans referente ao IQE (NKIQEi)	Quant. Kanbans referente ao IQN (NKIQNi)	
CRA 32 (Bege)	8,26	3,89	7,75	0,00	4,65	1,83	0,00	27
CRA 32 (BR)	13,43	6,33	12,60	0,00	7,56	2,97	0,00	44
CRA 36 (Bege)	7,66	3,61	7,19	0,00	4,31	1,69	0,00	25
CRA 36 (BR)	11,32	5,33	10,63	0,00	6,38	2,50	0,00	37
CRA 36 (Preto)	6,93	0,00	2,08	0,00	1,25	0,94	0,00	12
FREVO (Bege)	9,32	4,39	8,75	0,00	5,25	2,06	0,00	30
FREVO (BR)	14,88	7,01	13,96	0,00	8,38	3,26	0,00	48
OPER 30 (BR)	6,66	3,14	6,25	0,00	3,75	1,47	0,00	22
WINNER (BR)	6,93	0,00	2,92	0,00	1,75	1,08	0,00	13

É importante lembrar que os itens cujas demandas não são suficientes para estabelecer um lote mínimo de produção economicamente viável exigem, para seu dimensionamento, os NS pré-definidos na Fase 1 do modelo, utilizando-se a quantidade de setups calculados anteriormente para os demais itens.

Definidas as quantidades de kanbans dos itens, passou-se à Fase 4 do modelo, responsável pelo gerenciamento do funcionamento no “chão de fábrica”. Conforme mencionado no Capítulo 3, para facilitar a visualização e o monitoramento, adotou-se como sistema de gerenciamento a utilização de cartões e quadro porta kanbans, sendo este último confeccionado com três faixas verdes, duas amarelas e uma vermelha.

Definido o sistema de gerenciamento e utilizando os critérios estabelecidos na Fase 4 do modelo, contemplados na planilha de cálculo, realizou-se

automaticamente a distribuição dos cartões nas respectivas faixas do quadro porta kanbans, conforme ilustrado na Figura 4.9.

Figura 4.9 Distribuição dos cartões kanbans no quadro.

ITENS	Quant. de Kanbans na Faixa Vermelha	Quant. de Kanbans na primeira Faixa Amarela	Quant. de Kanbans na Segunda Faixa Amarela	Quant. de Kanbans na primeira Faixa Verde	Quant. de Kanbans na Segunda Faixa Verde	Quant. de Kanbans na Terceira Faixa Verde
CRA 32 (Bege)	10	4	4	3	3	3
CRA 32 (BR)	15	7	6	5	5	5
CRA 36 (Bege)	9	4	4	3	3	2
CRA 36 (BR)	13	6	5	4	4	4
CRA 36 (Preto)	4	2	1	2	2	1
FREVO (Bege)	11	5	4	4	4	3
FREVO (BR)	17	7	7	6	6	5
OPER 30 (BR)	8	4	3	2	2	2
WINNER (BR)	5	2	1	2	2	1

Definidos o sistema de gerenciamento e a distribuição dos cartões no quadro porta kanbans, estabeleceram-se os procedimentos de acompanhamento e redimensionamento da quantidade de kanbans, conforme previsto na Fase 5 do modelo, ficando na responsabilidade do “chão de fábrica” o acompanhamento dos giros dos cartões e dos lotes de produção e devendo qualquer alteração das variáveis ser comunicada ao PCP. O PCP, por sua vez, ficou responsável pela atualização dos valores das variáveis na planilha de cálculo e também por realizar os redimensionamentos quando necessário.

4.4 Resultados obtidos com a implementação do modelo

No estudo de caso realizado foi possível avaliar a funcionalidade do modelo na prática e identificar suas vantagens, comprovadas pelas sensíveis melhorias nos níveis de estoque, de disponibilidade dos recursos e de gerenciamento do sistema.

Em relação aos níveis de estoques, a implementação do modelo proporcionou uma redução média de 300 gabinetes no supermercado (de 1200 para aproximadamente 900 unidades) com a vantagem de o estoque passar a ser controlado pelo sistema Kanban. Financeiramente falando, essa redução representa um aumento de capital de giro da organização da ordem de R\$10.700,00 mensais, não considerando aqui os benefícios obtidos “de arraste” em toda a cadeia produtiva dos gabinetes, conseqüentes à redução de estoque e à confiabilidade que o sistema kanban proporciona. Cabe também dizer que os ganhos podem ser ainda maiores se for realizado o nivelamento da produção durante o planejamento de curto prazo, conforme apresentado na Fase 1 do modelo, visto que o dimensionamento da quantidade de kanbans dos itens para este estudo de caso foi realizado considerando-se os valores picos das demandas de cada um no período. Além do ganho financeiro, a redução nos níveis de estoque disponibilizou 147 m² de espaço físico, o que, traduzido em valores, representa R\$55.860,00. Outro ponto importante é que a redução dos níveis de estoque proporcionará reduções de outros desperdícios relativos a movimentações, transportes, defeitos, esperas e retrabalhos - estes não foram passíveis de medição, mas com certeza ampliarão os ganhos já mencionados.

Quanto à disponibilidade dos recursos físicos e humanos, observou-se um aumento de eficiência produtiva da ordem de 15,3 %, passando de 65% para 75%. Essa melhoria de eficiência representa um aumento de capacidade de produção de 867 gabinetes por dia, em horas normais de trabalho, sem necessidade de incremento de recursos humanos e físicos. Traduzindo esses ganhos em termos financeiros, pode-se dizer que, aumentando a demanda na mesma proporção que a capacidade do setor onde o modelo foi implementado, a receita da organização aumentará em cerca de R\$0,18 por gabinete devido à redução de custo por unidade fabricada no setor, podendo atingir-se um ganho anual de R\$2.220.674,00. Além disso, evitar-se-ão investimentos em aquisição de

novo equipamento para fabricação de gabinetes, cujo custo representa um valor de em torno de R\$4.000.000,00. Finalmente, considerando que os equipamentos passaram a ficar parados de forma planejada em função de supermercados cheios, passou a ser possível a realização de manutenções planejadas, ações estas que não ocorriam anteriormente e que, com o tempo, aumentarão ainda mais a disponibilidade e confiabilidade dos recursos físicos. Assim, ampliou-se a eficiência do sistema com conseqüente redução dos níveis de estoque de segurança, aumento de disponibilidade de espaço físico e melhoria na produtividade.

Com relação ao gerenciamento do sistema, no nível do “chão de fábrica” observou-se que o sistema de quadro porta kanbans adotado, com três faixas verdes, duas amarelas e uma vermelha, somado ao sistema de distribuição dos cartões por faixa permitiu uma fácil visualização e priorização dos itens a serem produzidos, permitindo que os próprios operadores dos equipamentos realizassem as trocas de modelos dispensando contagem e auxílio dos programadores de produção. A definição clara dos tamanhos de lotes de produção em cada troca, gerenciada pelos cartões e quadro porta kanbans, permitiu também um seqüenciamento adequado da produção, passando a ocorrer o giro cíclico de todos os itens, conforme definido na Fase 4 do modelo.

Com a circulação dos cartões acompanhando os lotes durante todas as etapas de operação, passou a ser possível saber, a qualquer momento, o quê e quanto está sendo processado em cada etapa, assim como também identificar se e quando o sistema está sub ou super dimensionado.

Com relação ao dimensionamento da quantidade de kanbans do sistema, é importante salientar que, pelo fato de se utilizarem os valores máximos das demandas dos itens para suprir a falta de nivelamento da produção, em alguns momentos os níveis de estoques ultrapassaram o necessário, o que foi identificado visualmente através do giro dos cartões no quadro.

Uma outra vantagem importante do modelo no tocante ao gerenciamento é a facilidade de se monitorar quão efetivas serão as melhorias do sistema ao longo do tempo, devido ao dimensionamento evidenciar os índices de ineficiências referentes à não qualidade e manutenção dos recursos produtivos e explicitar as contribuições de cada uma das variáveis nas quantidades de kanbans dos itens

envolvidos. Com isso, o modelo favorece a análise de impacto dessas variáveis e permite priorizar ações de melhorias que tragam melhor custo-benefício à organização.

Durante o acompanhamento da implementação observou-se que, embora continuassem ocorrendo alterações de produção das linhas de montagem no curto prazo em relação ao planejado, essas não foram provocadas em momento algum pelo não atendimento dos itens pertencentes ao sistema Kanban onde o modelo foi implementado, comprovando que, ao implementar-se adequadamente esse sistema, aumenta-se a confiabilidade do atendimento aos clientes e evitam-se estoques de segurança desnecessários.

Como ponto crítico para implementação do modelo, pode-se citar a obtenção prática das variáveis referentes aos índices de não qualidade dos itens e à manutenção dos recursos, conforme definido no Capítulo 3. Para suprir essa deficiência, fez-se necessário implantar um sistema de coleta de dados que impactou em aumento significativo do tempo de implantação do sistema como um todo.

A implementação do modelo, além de definir corretamente as variáveis que influenciam o dimensionamento da quantidade de kanbans, também permitiu observar que a eficácia do modelo depende da manutenção sistemática do mesmo. Para isso, devido às quantidades de variáveis e cálculos envolvidos, foi e é de suma importância informatizar sua aplicação, eliminando erros humanos e facilitando rápidos redimensionamentos e atualizações dos quadros porta kanbans.

Finalizando, mesmo considerando o curto período de acompanhamento da implementação do modelo, que foi de um mês, os resultados e considerações apresentados acima demonstram qualitativamente sua eficácia e relevância para o tema em questão.

No próximo capítulo serão tecidas as conclusões finais da dissertação e as recomendações para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

De acordo com o objetivo geral deste trabalho, desenvolveu-se um modelo para o dimensionamento da quantidade de kanbans na relação entre clientes e fornecedores internos a manufaturas, respeitando-se o pressuposto definido na introdução. Buscou-se também sistematizar as adaptações dos conceitos teóricos às realidades práticas, explicitando as contribuições das variáveis nas quantidades de kanbans e estabelecendo os critérios para a distribuição desses nos quadros porta kanbans. Objetivou-se com isso disponibilizar ao “chão de fábrica”, de maneira visual, rápida e clara, o correto seqüenciamento dos itens nos recursos produtivos e a necessidade de redimensionamento do sistema.

Para tal, realizou-se uma revisão bibliográfica dos livros e periódicos que abordam o assunto, a qual serviu de evidência para a justificativa deste trabalho e também de base para o desenvolvimento do modelo proposto. Na literatura, pôde-se constatar que o assunto é tratado de forma genérica e os conceitos pertinentes são desenvolvidos com base em sistemas produtivos ideais, perfeitamente sincronizados e nivelados. Já as aplicações práticas pesquisadas demonstram tomar como premissas esses conceitos sem realizar as devidas adaptações às situações reais de produção. Outra característica importante dos estudos de caso pesquisados, no tocante à dinâmica de dimensionamento, foi a falta de uma definição adequada das variáveis envolvidas no sistema produtivo e de suas influências nos cálculos das quantidades de kanbans. Também foram encontradas divergências, sem base fundamentada, quanto ao percentual utilizado como fator de segurança e aos critérios para distribuição dos kanbans nos quadros porta kanbans. Com respeito aos algoritmos matemáticos e modelos de simulação pesquisados, observou-se a adoção de restrições e premissas que tornam suas soluções bastante específicas e de difícil aplicação prática.

Diante dessas constatações, fortaleceu-se a contribuição de se desenvolver o modelo para dimensionamento da quantidade de kanbans apresentado no Capítulo 3, e objetivo geral desta pesquisa, o qual compõe-se de cinco fases:

- Fase 1: Definição e correlação das variáveis que influenciam no dimensionamento das quantidades de kanbans do sistema;
- Fase 2: Estabelecimento de uma dinâmica de verificação da capacidade produtiva dos recursos;
- Fase 3: Encaminhamento de uma dinâmica do dimensionamento das quantidades de kanbans de produção e de segurança;
- Fase 4: Desenvolvimento de uma dinâmica de distribuição dos kanbans nos quadros porta kanbans;
- Fase 5: Estabelecimento da dinâmica de acompanhamento das variáveis que influenciam o dimensionamento.

A validação qualitativa do modelo deu-se por meio de sua implementação prática no estudo de caso apresentado no Capítulo 4, em que os resultados obtidos, associados aos pontos fortes do modelo abaixo relacionados, demonstram o potencial e eficácia do mesmo.

Resultados obtidos na implementação prática do modelo:

- Redução do nível médio de estoque em 25 %, passando de 1200 para 300 gabinetes e representando um ganho de capital de giro mensal de R\$10.700,00 para a organização, não se considerando nesse cálculo outros ganhos que ocorrem ao longo da cadeia produtiva em decorrência dessa redução e da confiabilidade do sistema.
- Disponibilização de 147 m² de área em função da redução de estoques, o que, traduzido em ganhos monetários, representa R\$55.860,00.
- Aumento de 15,3 % na disponibilidade dos recursos físicos e humanos do setor onde o sistema foi implementado, elevando a eficiência de 65 para 75% e, conseqüentemente, aumentando a capacidade produtiva do sistema em 867 gabinetes diários sem exigir incremento de recursos humanos e aquisição de novos equipamentos. Em termos financeiros, em havendo aumento da demanda na mesma proporção, essa melhoria traduz-se em uma redução da ordem de R\$0,18 nos custos por unidade fabricada no setor onde o kanban foi implementado. Tal redução representa um aumento do lucro da organização que pode chegar a

R\$2.220.674,00 por ano e, além do mais, evita a necessidade de investimentos para atender ao aumento de demanda, os quais seriam de cerca de R\$4.000.000,00.

Pontos fortes do modelo:

- Sua abrangência permite o dimensionamento da quantidade de kanbans em sistemas compostos com mais de um recurso produtivo, favorecendo um maior carregamento destes, o que resulta em maior capacidade de produção e produtividade dos mesmos.
- Sua sistematização leva em consideração o grau de nivelamento da produção dos clientes consumidores e de sincronismo entre os períodos de produção e consumo dos itens.
- A demonstração das influências das variáveis nas quantidades de kanbans dos itens permite, à média e alta gerência, monitorar a evolução e a eficácia das melhorias do sistema, favorecendo também uma análise e priorização das ações que trarão melhores custos-benefícios à organização.
- Os critérios utilizados para distribuição dos kanbans nos quadros porta kanbans facilitam o gerenciamento do sistema produtivo em nível do “chão de fábrica”, garantindo o seqüenciamento da produção dos itens nos recursos físicos e permitindo a identificação de sub ou super dimensionamento do mesmo.

Além de gerar os resultados e benefícios acima mencionados, e de contemplar o objetivo geral e os específicos, o desenvolvimento do modelo e sua aplicação prática contribuíram também para elucidar alguns fatores, tais como:

- Existência de uma forte correlação entre o grau de nivelamento da produção e o número de setups dos sistemas com respectivo impacto nos níveis de inventário dos mesmos;
- A ocorrência de defasagem entre os períodos de produção e de consumo de itens em sistemas produtivos não sincronizados, e cujas quantidades de setups, considerando suas ineficiências, forem maiores que um, pode gerar a necessidade de correção das quantidades de kanbans dos

referidos itens;

- Possibilidade de definir as parcelas de kanbans de segurança dos sistemas com base fundamentada, sendo estas função dos índices de não qualidade dos itens e do tempo de parada dos recursos produtivos para manutenção, conforme demonstrado no desenvolvimento do modelo;
- Existência, em sistemas do tipo com setups, de uma correlação entre o nível de estoque dos itens no início do sistema produtivo e o período necessário para alcançar a estabilidade do tamanho dos lotes e seqüenciamento produtivo, conforme demonstrado na Figura 3.10.

Finalizando, apesar de o sistema Kanban ser uma ferramenta bastante simples, para que se alcancem os benefícios por ele proposto sua dinâmica de dimensionamento requer alguns entendimentos adicionais, conforme apresentado neste trabalho.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho observaram-se alguns aspectos que poderão ser investigados em pesquisas futuras, tais como:

- O modelo proposto foi desenvolvido para sistemas produtivos cujos processos ocorrem em lotes repetitivos. Entretanto, na medida que todas as variáveis que influenciam qualquer tipo de sistema produtivo foram contempladas neste, existe a possibilidade de sua aplicação em outros tipos. Para que isso possa ser comprovado propõe-se, então, a aplicação do presente modelo em sistemas produtivos com características adversas.
- No presente trabalho, observou-se que o nivelamento da produção possui uma influência decisiva na definição do número de setups e, conseqüentemente, nos níveis de inventário dos sistemas. Assim, diferentemente do proposto na literatura, a adoção de nivelamentos variáveis parece ser mais interessante. Em função disso, propõe-se uma avaliação mais detalhada dos impactos do nivelamento perfeito e variável da produção na produtividade e nos níveis de inventário dos sistemas.
- Propõe-se estudar a evolução dos lotes e seqüenciamento da produção dos itens nos recursos produtivos compartilhados, buscando definir o ponto ótimo de início da produção dos itens a fim de se reduzir o período para estabilidade do tamanho de seus lotes e respectivos inventários, visto que tal estabilidade é função do nível de estoque dos itens no início da produção, conforme demonstrado no desenvolvimento da Fase 4 do modelo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Gilberto J. P. O. Metodologia para a Análise de Viabilidade e Implementação do Sistema Kanban Interno em Malharias Pertencentes a uma Cadeia Produtiva Têxtil. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis. UFSC, 2002.

COELHO, Rodrigo Marcelo. Implantação e Simulação do Sistema Kanban de Movimentação de Materiais: Estudo de Caso na Indústria Eletrônica do Segmento SEM. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. UFMG, 2003.

DANNI, Tulio dos Santos. Ajuste e Estudo Kanban Auxiliando Pela Simulação Computacional. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 1997.

GUPTA, Surendra M.; AL-TURKI, Yousef A. An Algorithm to Dynamically Adjust the Number of Kanbans in Stochastic Processing Times and Variable Demand Environment. *Production Planning & Control*, Vol. 8, NO. 2, 133-141. Taylor & Francis, 1997.

LEMOES, Ana Carina Dri. Aplicação de uma Metodologia de Ajuste do Sistema Kanban em um Caso Real Utilizando a Simulação Computacional. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 1999.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 1998.

MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pioneira, 1998.

MOURA, Reinaldo Aparecido. Kanban: a simplicidade do controle da produção. São Paulo: IMAM, 1996.

MONDEN, Yasuhiro. Sistema Toyota de produção. São Paulo: IMAM, 1984.

OHNO, Taiichi. O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PEINADO, Jurandir. Implantação do Kanban como Base de um Programa Just in Time: Uma proposta de Metodologia para Empresas Industriais. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2000.

SENGUPTA, S.; SHARIEF, F.; DUTTA, S. P. Determination of Optimal Number of Kanbans and Allocation in a FMS: A Simulation Based Study. *Production Planning & Control*, Vol. 10, NO. 5, 439-447. Taylor & Francis, 1999.

SHINGO, Shigeo. O sistema toyota de produção: do ponto de vista da engenharia da produção. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, Nigel et al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1999.

SOARES, Carolina Rolim. Implantação do Sistema Kanban na Área de Injeção de Tampas do Departamento de Fabricação V Weg Motores. Dissertação de Pós graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2004.

SPEAR, Steven; BOWEN, H. Kent. Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, September-October 1999.

TUBINO, Dálvio F. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, Dálvio F. Sistemas de produção. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel. A mentalidade enxuta nas empresas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.