

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Uma análise de técnicas do
Planejamento e Controle da Produção
e da filosofia *Lean***

Trabalho de Conclusão de Curso

Fernando Nakamura Dias Quitério

Orientador: Prof. Doutor Marino de Oliveira Resende

São Carlos, novembro de 2010

Fernando Nakamura Dias Quitério

**Uma análise de técnicas do
Planejamento e Controle da Produção
e da filosofia *Lean***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de
Engenheiro de Produção Mecânica

Orientador: Prof. Doutor Marino de Oliveira Resende

São Carlos

2010

RESUMO

QUITÉRIO, F. N. D. *Uma análise de técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia Lean*. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2010.

A filosofia *just in time* (JIT), surgida com o Sistema Toyota de Produção na década de 50 desenvolveu-se e alastrou-se por todo o mundo ao longo dos anos. A Produção Enxuta, que tem como base conceitos do JIT, ganhou muito espaço em empresas de diversos segmentos e suas ferramentas vêm sendo empregadas visando à redução e eliminação de desperdícios.

Este trabalho identifica e analisa possíveis ganhos que podem ser conseguidos através da implementação da ferramenta *kanban* em uma empresa de médio porte. A empresa atua na fabricação de produtos especializados no ramo de transformação de plásticos e apresenta demanda inconstante e alta variedade de produtos.

Para se atingir o objetivo proposto, o trabalho apresenta uma revisão bibliográfica que destaca aspectos do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia *Lean*. Por fim, o estudo de caso é apresentado, com uma proposta de implementação do *kanban* em um ambiente que utiliza um sistema tipo MRP (*Material Requirement Planning*) em sua produção.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento e Controle da Produção, filosofia *Lean*, *kanban*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática do Planejamento e Controle da Produção.....	6
Figura 2 - Estrutura do processo decisório do Planejamento e Controle da Produção.....	8
Figura 3 - O enfoque da produção tradicional e o enfoque da Produção Enxuta.....	15
Figura 4 - Composição das atividades propostas por Hines e Taylor (2000).....	16
Figura 5 - Processamento em fluxo contínuo	20
Figura 6 - Exemplo de um Mapa de Fluxo de Valor da situação atual	22
Figura 7 - Formação de famílias de produtos	22
Figura 8 - Quadro de Nivelamento da Carga (Heijunka Box).....	25
Figura 9 - Etapa 1 <i>Kanban</i>	28
Figura 10 - Etapa 2 <i>Kanban</i>	28
Figura 11 - Etapa 3 <i>Kanban</i>	28
Figura 12 - Etapa 4 <i>Kanban</i>	28
Figura 13 - Seqüência de processos com quadros de <i>kanban</i> e supermercado da peça	44
Figura 14 - Seqüência de processos com quadros de <i>kanban</i> e supermercado da peça	44
Figura 15 - Seqüência de processos da peça PT-049381.....	45
Figura 16 - <i>Lead Times</i> ao longo do processo produtivo	46
Figura 17 - Faixas do quadro de <i>kanban</i>	47
Figura 18 - Cartão de <i>kanban</i>	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos itens da máquina HSC-700	39
Tabela 2 - Quantidade de peças que passam pelos gargalos	40
Tabela 3 - Lista de peças que passam pelo processo INT	41
Tabela 4 - Lista de peças separadas em famílias e classes	43
Tabela 5 - Cálculo do takt time	46

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
1 Introdução	1
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Contextualização e Justificativa	2
2 Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 O Planejamento e Controle da Produção	3
2.1.1 Evolução	3
2.1.2 Conceito	5
2.1.3 Estrutura de Decisão	7
2.1.4 Sistema MRP	11
2.2 A Filosofia <i>Lean</i> e Técnicas Auxiliares	12
2.2.1 O Surgimento	12
2.2.2 Os cinco princípios da Produção Enxuta	13
2.2.3 Atividade que agregam e que não agregam valor	14
2.2.4 Visão Geral das Ferramentas de Apoio	17
2.2.5 O Sistema Puxado (<i>kanban</i>).....	26
2.2.6 O JIT com MRP.....	29
3 Metodologia de Pesquisa.....	31
3.1.1 Classificação das Pesquisas.....	31
3.1.2 Procedimentos e métodos de pesquisa	33
3.2 Estudo de Caso	34
4 Desenvolvimento do estudo de caso	37
4.1 Apresentação da empresa	37
4.2 Situação atual da empresa	38
4.3 Análise e Propostas	39
4.4 Resultados.....	48
5 Conclusão	50
Referências Bibliográficas	51

1 Introdução

Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa para a conclusão do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Trata-se de um estudo que analisa a implementação de conceitos de Produção Enxuta e do Planejamento e Controle da Produção em um ambiente com alta variedade de produtos e demanda inconstante. O trabalho analisa o processo de implementação dos conceitos, buscando apontar e discutir os resultados obtidos.

O estudo de caso foi feito em uma empresa do interior de São Paulo, que atua na fabricação de equipamentos especializados e tem forte presença no mercado de transformação de plásticos. A empresa apresenta longos *lead times* de produção, que geram atrasos na entrega dos pedidos.

1.1 Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de implantação de um sistema de produção puxada, utilizando o *kanban*, juntamente com um sistema tipo MRP (*Material Requirement Planning*). O estudo analisa a implementação do *kanban* em uma empresa que possui alta variedade de produtos e demanda inconstante, visando à redução e/ou eliminação de alguns desperdícios no sistema produtivo.

A partir desse estudo de caso, pretende-se evidenciar como as ferramentas do *Lean*, através da gestão visual e a do sistema puxado de produção, dentre outras, podem ser adaptadas a esse ambiente produtivo e quais serão os possíveis ganhos para a empresa.

1.2 Contextualização e Justificativa

O Sistema Toyota de Produção, que surgiu na década de 50, a partir das visitas de Taiichi Ono às fábricas da Ford, tem como princípios o aumento da produtividade, a partir da melhoria contínua dos processos através da redução ou eliminação dos desperdícios. A disseminação desses conceitos, que foram ganhando mais e mais espaço ao longo dos anos em diversos segmentos de empresas, deveu-se ao livro “*A máquina que mudou o mundo*”, de Womack e Jones (1992).

O surgimento da ideologia *just in time* ocorreu em um ambiente de manufatura em massa, com uma produção padronizada, seriada e repetitiva. No entanto, a busca pela melhoria contínua dos processos e a eliminação dos desperdícios devem estar presentes em qualquer tipo de empresa, independentemente de seu sistema de produção. Portanto, os conceitos do *lean* a serem implementados em uma determinada empresa devem ser selecionados de acordo com o ambiente no qual a mesma está inserida.

Um dos conceitos mais importantes da Produção Enxuta é o sistema puxado de produção, que tem no *kanban* sua ferramenta principal. O *kanban* pode funcionar de diversas formas, mas a mais usual ocorre por meio dos supermercados (estoques). Quando um processo utiliza um produto ou peça que se encontra no supermercado, um cartão é disparado para um processo anterior, funcionando como uma ordem de produção. O cartão indica que uma nova quantidade do produto deve ser fabricada para reabastecer o supermercado. A existência dos supermercados facilita o planejamento e controle da produção, além de proporcionar maior agilidade no sistema produtivo.

Diversas empresas são caracterizadas por possuírem uma grande variabilidade de produtos e uma demanda inconstante. Muitas dessas empresas, no entanto, acreditam que o sistema de produção puxada não se aplica ao seu ambiente e optam por fazer uso do sistema *Material Requirement Planning* (MRP), como ferramenta de planejamento e controle da produção. Realizam previsões de demanda dos diversos produtos e geram ordens de produção, baseadas nos *lead times* dos processos, por acreditarem ser o único método que se aplica às suas necessidades. Embora, muitas empresas atuem dessa maneira, é interessante que se analise a possibilidade da implementação de técnicas de Produção Enxuta, mesmo utilizando-se o MRP.

2 Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento deste trabalho, serão descritos os principais conceitos ligados à Filosofia *Lean* e ao Planejamento e Controle da Produção que são pertinentes ao tema em estudo.

Inicialmente, serão explicitadas informações referentes ao PCP, como sua evolução, conceito e sua estrutura de decisão. Ainda nesse tópico, serão descritos os dois sistemas de PCP, alvo desse estudo: o sistema MRP e o sistema puxado (*kanban*).

Após essa descrição, um estudo sobre a Filosofia *Lean*, desde o seu surgimento com o Sistema Toyota de Produção será explicitado. O estudo mostrará o surgimento, os princípios da Produção Enxuta, uma visão geral das ferramentas, como o 5 S, a filosofia *kaizen*, o mapeamento de fluxo de valor e o fluxo contínuo. Além disso, haverá um tópico que descreve as diferenças entre as atividades que agregam e aquelas que não agregam valor em um sistema produtivo.

Por fim, o último tópico deste capítulo refere-se à implementação de conceitos *just in time* em um ambiente que utiliza o MRP como sistema de produtivo.

2.1 O Planejamento e Controle da Produção

2.1.1 Evolução

A produção de bens de consumo nos moldes tradicionais teve início com a Revolução Industrial, a partir do século XVII, quando criaram-se meios para a produção e consumo em massa, no entanto, desenvolvidos de forma pouco sistematizada. Os sistemas de PCP (Planejamento e Controle da Produção) evoluíram juntamente com a ciência da administração, com os estudos de Henri Fayol e Frederick W. Taylor, somente na primeira década do século XX (QUELHAS, 2008).

No início do século XX, Taylor passou a tratar a administração como ciência baseada na observação, medição, análise e aprimoramento dos métodos de trabalho. Seus trabalhos serviram de base para que outros autores pudessem, futuramente, desenvolver inúmeros

estudos. Dois autores merecem destaque: Frank Gilbreth, que introduziu os estudos de movimentos e tempo, e Henry Gantt, que desenvolveu um sistema de programação de produção baseado em gráficos e cálculo. Gantt foi um dos primeiros a desenvolver um sistema de PCP baseado em restrições de capacidade e tempo (QUELHAS, 2008).

O período do pós-guerra caracterizou-se por um avanço tecnológico e a complexidade dos bens produzidos aumentou de forma considerável, levando, assim, à necessidade de cálculos elaborados, incapazes de serem realizados pelo cérebro humano. Dessa forma, na década de 1960, pesquisadores, dentre os quais podem ser destacados Joe Orlicky, Oliver Wight e G. W. Possl, desenvolveram métodos para realizar esses cálculos. Esses métodos foram compilados e divulgados sob uma mesma teoria: o MRP, que na década seguinte, a partir da utilização de computadores no ambiente de produção, foram amplamente difundidos sob uma nova perspectiva de softwares tipo MRP (QUELHAS, 2008).

A década de 1980 foi marcada pela pressão pela redução de custos. Não bastava garantir os materiais em tempo, mas também outros recursos, como pessoas, máquinas, capital, etc. Segundo Quelhas (2008), essa nova necessidade gerou, naturalmente, uma evolução do MRP, chamada de MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), que considera a capacidade de recursos produtivos. Mesmo com o MRP II, a geração de planos de produção dependia muito da ação humana, que intervinha no sistema ao adiantar ou atrasar ordens de produção.

Na década de 1990, com a internacionalização do comércio e a abertura de novos mercados, surgiu a necessidade da criação de um novo sistema de PCP, que, além dos recursos de produção, pudesse planejar todos os outros recursos de empresa. Nesse contexto, as grandes empresas multinacionais difundiram o sistema ERP (*Enterprise Resources Planing*), que era dividido em módulos como finanças, contabilidade, vendas, etc. e teve como ponto forte sua padronização (QUELHAS, 2008).

Para que a execução das atividades planejadas ocorra sem erros, tem sido dada uma maior importância à aquisição, movimentação e armazenagem de materiais. Atualmente, tais atividades estão diretamente ligadas aos termos “logística” e “gestão da cadeia de suprimentos”. Grande parte dos sistemas ERP oferece módulos que tratam dessas necessidades, embora haja uma grande dificuldade por parte das empresas na implementação dos mesmos. A dificuldade encontra-se na natureza multifuncional dos módulos, que se aproxima cada vez mais da gestão por processos e, não mais, por função administrativa.

Há ainda, uma grande influência japonesa nos sistemas de PCP, tendo sido mais vista no início da década de 1980, através do sistema Toyota de produção, que contribuiu com a redução considerável de estoques nos sistemas produtivos. A filosofia *just in time* (JIT) é um dos pilares dessa influência e é aplicada juntamente com os sistemas de PCP. Atualmente, o conceito de Produção Enxuta (*Lean Production*) engloba diversas técnicas consolidadas pela Teoria das Restrições (TOC), Gestão da Qualidade Total e pelo próprio JIT, de modo a alcançar alta flexibilidade e alto volume de produção, combinando vantagens da produção em massa e da customização.

Paralelamente a essa evolução de conceitos e técnicas, surgem, hoje, questões ambientais de sustentabilidade e de responsabilidade social. Essas questões são de extrema importância para os sistemas de gestão das empresas e influenciam diretamente as funções de produção e, principalmente, o PCP (QUELHAS, 2008).

2.1.2 Conceito

Podemos definir PCP como sendo a função administrativa responsável por garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços de maneira adequada. Para isso, segundo Slack (1997), é necessário que os recursos produtivos estejam disponíveis:

- na quantidade adequada;
- no momento adequado;
- no nível de qualidade adequado.

O Planejamento e Controle da Produção tem por objetivos fazer os planos que orientarão a produção e servirão de guia para seu controle. Basicamente, o PCP determina o que vai ser produzido, como vai ser produzido, onde vai ser produzido, quanto vai ser produzido, quem vai produzir e quando vai ser produzido. A figura 1 esquematiza o PCP:



Figura 1 - Representação esquemática do Planejamento e Controle da Produção

(FONTE: SACOMANO, 2007)

É, também, responsabilidade do PCP medir e corrigir o desempenho para assegurar que os planos sejam executados da melhor maneira possível, ou seja, em conformidade com o que fora planejado e organizado.

A Programação e Controle da Produção consistem em um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa (SACOMANO, 2007).

Segundo Chiavenato (1990), as principais inter-relações do PCP com as demais áreas administrativas são:

- Engenharia Industrial: o PCP programa o funcionamento de máquinas e equipamentos e se baseia em Boletins de Operações fornecidos pela Engenharia Industrial. Por sua vez, a Engenharia Industrial programa a paralisação de máquinas e equipamentos para manutenção e reparos.
- Suprimentos e Compras: o PCP programa materiais e matérias-primas que devem ser obtidos no mercado fornecedor através de Compras e estocados por Suprimentos. Assim, a área de Suprimentos e Compras funciona com base naquilo que é planejado pelo PCP.
- Recursos Humanos: o PCP programa a atividade de mão-de-obra, estabelecendo a quantidade de pessoas que devem trabalhar no processo de produção. O recrutamento, seleção, treinamento do pessoal são atividades que são estabelecidas pela função do PCP.

- Financeiro: o PCP se baseia nos cálculos financeiros fornecidos pela área financeira para estabelecer os níveis ótimos de estoques de matérias-primas e produtos acabados, além dos lotes econômicos de produção.
- Vendas: o PCP se baseia na Previsão de Vendas fornecidas pela área de Vendas, para elaborar o Plano de Produção da empresa e planejar a quantidade de produtos acabados necessária para suprir entregas aos clientes. Na medida em que a Previsão de Vendas sofre alterações em função do comportamento do mercado, o PCP altera também o Plano de Produção e os seus desdobramentos.
- Produção: o PCP planeja e controla a atividade de produção. Isto significa que essa área funciona de acordo com o que é planejado e programado pelo PCP.

A programação e controle da produção depende, portanto, de um conjunto de fatores e funções inter-relacionados por meio das atividades do PCP e de outros setores administrativos, para sua execução, como será mostrado no tópico seguinte.

2.1.3 Estrutura de Decisão

A figura 2 ilustra as atividades de PCP mais facilmente encontradas e executadas, além de evidenciar a necessidade de uma hierarquia em sua execução.

Segundo Silver & Peterson (1985), existem três níveis hierárquicos para o PCP:

- nível estratégico (longo prazo);
- nível tático (médio prazo);
- nível operacional (curto prazo).

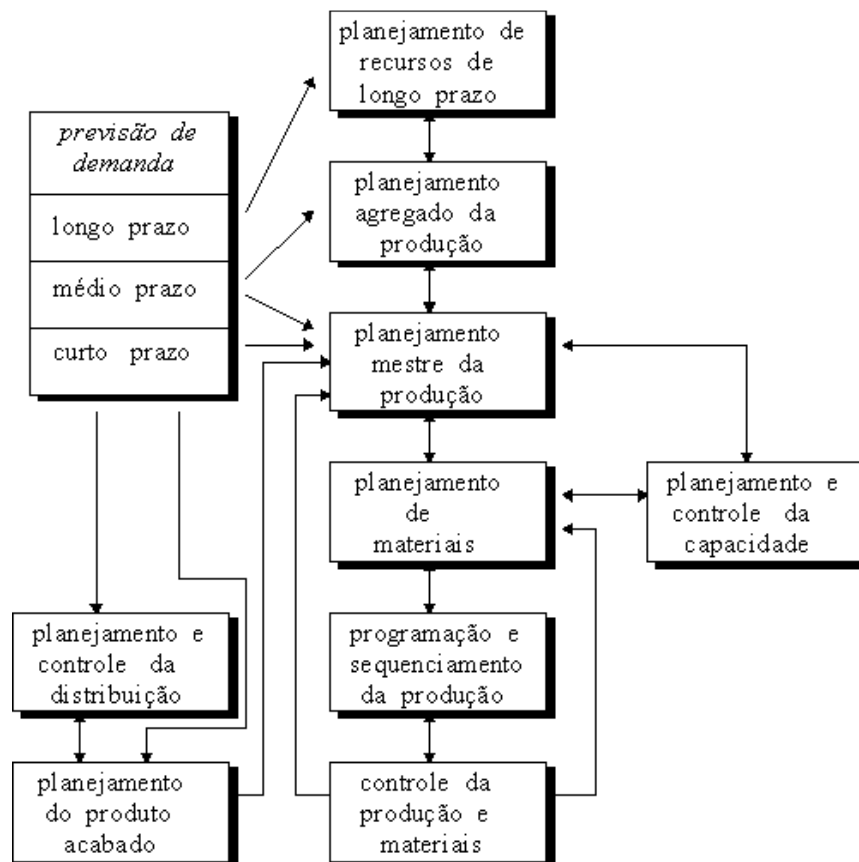


Figura 2 - Estrutura do processo decisório do Planejamento e Controle da Produção

(FONTE: MOURA JÚNIOR, 1996)

Segue abaixo uma descrição sucinta de cada uma dessas atividades de acordo com Moura Júnior (1996). As atividades de Planejamento e Controle da Distribuição e Planejamento do Produto Acabado não serão descritas, pois fazem parte da área de vendas, a qual não é objetivo deste trabalho.

- Previsão de Demanda:** As análises das futuras condições de mercado e previsão da demanda futura são de grande importância para a elaboração do Planejamento de Longo Prazo. Mesmo em indústrias que fabricam produtos sob encomenda, onde não se faz nenhum estudo formal de previsão de demanda, a alta direção pode gerar hipóteses sobre o estado da economia e o seu impacto nos negócios futuros da empresa. A Previsão de Demanda pode ser classificada como: longo, médio e curto prazo.

- **Planejamento de Recursos de Longo Prazo:** as empresas devem se preparar, elaborando planos de longo prazo para o dimensionamento de suas capacidades futuras. Isso ocorre através de estudos de previsão de demanda e objetivos formulados pelo planejamento estratégico e feitos pela alta administração. Esses estudos têm a finalidade de fazer a previsão dos recursos necessários (equipamentos, mão-de-obra especializada, capital para investimentos em estoque), que geralmente não são passíveis de aquisição no curto prazo;
- **Planejamento Agregado de Produção:** é elaborado com base no Planejamento de Longo Prazo e o resultado é um plano de médio prazo que estabelece níveis de produção, dimensões da força de trabalho e níveis de estoque. O horizonte do Plano Agregado de Produção pode variar de 6 a 24 meses, dependendo da atividade industrial. O planejamento é feito em termos de famílias de itens e nem sempre é considerado de forma isolada como nesta análise. Particularidades de cada indústria, tais como previsibilidade da demanda e alto nível de repetibilidade dos produtos, fazem com que muitas vezes ela nem seja executada. Neste caso, ela tende a ser absorvida pelo Planejamento Mestre da Produção que é uma atividade subsequente e mais detalhada.
- **Planejamento Mestre da Produção:** o Planejamento Mestre da Produção (PMP) é o componente central da estrutura global apresentada na figura 3. Gerado a partir do plano agregado de produção, desagregando-o em produtos acabados, guiará as ações do sistema de manufatura no curto prazo, estabelecendo quando e em que quantidade cada produto deverá ser produzido dentro de um certo horizonte de planejamento. Este horizonte de planejamento pode variar de 4 à 12 meses, sendo que quanto menor for o horizonte de tempo maior será a acuracidade do PMP.
- **Planejamento de Materiais:** é a atividade através da qual é feito o levantamento completo das necessidades de materiais para execução do plano de produção. A partir das necessidades vindas da lista de materiais, das exigências impostas pelo PMP e das informações vindas do controle de estoque (itens em estoque e itens em processo de fabricação), procura-se determinar quando, quantos e quais materiais devem ser fabricados e comprados. O Planejamento de

Materiais está intimamente ligado ao gerenciamento de estoques e deve ter como objetivo reduzir os investimentos em estoques e maximizar os níveis de atendimento aos clientes e produção da indústria.

- **Planejamento e Controle da Capacidade:** é a atividade que tem como objetivo calcular a carga de cada centro de trabalho para cada período no futuro. Visa prever se o chão de fábrica terá capacidade para executar um determinado plano de produção para suprir uma determinada demanda de produtos ou serviços. O Planejamento da Capacidade fornece informações que possibilitam: a viabilidade de planejamento de materiais, a obtenção de dados para futuros planejamentos de capacidade mais precisos, a identificação de gargalos, a programação de curto prazo e as estimativas de prazos viáveis para futuras encomendas. Além disso, tem a função de acompanhar o nível da produção executada, compará-la com os níveis planejados e executar medidas corretivas de curto prazo, caso estejam ocorrendo desvios significativos. Os índices de eficiência, gerados pela comparação dos níveis de produção executados com os níveis planejados, permitem determinar a acuracidade do planejamento, o desempenho de cada centro produtivo e o desempenho do sistema de manufatura.
- **Programação e Seqüenciamento da Produção:** a atividade de programação determina o prazo das atividades a serem cumpridas, ocorrendo em várias fases das atividades de planejamento da produção. De posse de informações como: disponibilidade de equipamentos, matérias-primas, operários, processo de produção, tempos de processamento, prazos e prioridade das ordens de fabricação, as ordens de fabricação poderão ser distribuídas aos centros produtivos onde será iniciada a execução do PMP.
- **Controle da Produção e Materiais:** tem como objetivo acompanhar a fabricação e compra dos itens planejados, com a finalidade de garantir que os prazos estabelecidos sejam cumpridos. A atividade de Controle da Produção e Materiais também recolhe dados importantes como: quantidade de refugos, quantidade de material utilizado e as horas-máquina e/ou horas-homem gastas. Caso algum desvio significativo ocorra, o Controle da Produção e Materiais

deve acionar as atividades de PMP e Planejamento de Materiais para o replanejamento necessário ou acionar a atividade de Programação e Seqüenciamento da Produção para reprogramação necessária.

2.1.4 Sistema MRP

O MRP é um sistema de grande porte e tem sido implementado em muitas empresas, desde seu surgimento nos anos 70. É um sistema que, através da decisão da produção dos produtos finais, determina automaticamente o que, quanto e quando produzir e comprar itens semi-acabados, componentes e matérias-primas (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

A força motriz do sistema MRP é o programa mestre aprovado e é, a partir dele, que as ordens são emitidas. O sistema utiliza a técnica retroativa que começa pelos prazos dos itens finais e calcula retroativamente, com uso do *lead time* definido para cada item, quais são as datas necessárias de emissão das ordens de produção ou compra de materiais e componentes. O MRP foi criado para determinar as quantidades a serem produzidas, estritamente necessárias nos momentos necessários.

O MRP pode ser de extrema importância em ambientes de produção complexa (sistema de produção não repetitivo), se comparado com outros sistemas de coordenação de ordens que só podem lidar com uma variedade cibernética menor. Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), nesses ambientes o MRP apresenta as seguintes vantagens:

- possibilita maior controle das operações de manufatura;
- avalia a viabilidade de diferentes programas mestres de produção;
- auxilia na definição de prazos de entrega mais realistas;
- facilita o cumprimento de prazos de entrega;
- gera programas de compras e orçamento de compras que podem ser ajustados;
- apresenta habilidade em identificar faltas ou excessos futuros de estoque;

Além disso, o MRP tem a habilidade em lidar com itens que possuem estruturas complexas.

Uma limitação do MRP é que, na maioria dos pacotes, considera que os *lead times* são fixos. Essa é uma suposição inválida, visto que os *lead times* reais dependem da carga de trabalho. Um cuidado a ser tomado diz respeito à acuracidade dos dados, já que dados imprecisos gerarão requisições falsas para os componentes. Outros problemas ligados ao MRP, de acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010), são a necessidade de grandes investimentos com a aquisição do *software* e instabilidades do sistema.

2.2 A Filosofia *Lean* e Técnicas Auxiliares

2.2.1 O Surgimento

Em 1956, o engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, em uma visita aos Estados Unidos, pode verificar o quanto as fábricas da Ford estavam adiantadas em relação aos japoneses, no que diz respeito à eficiência produtiva. Porém, Ohno percebeu que o sistema de produção em massa e de baixa variedade dos americanos não funcionaria em um Japão fragilizado pela Segunda Guerra Mundial, com uma economia em crise e de baixa demanda (IMAI, 1990). Sendo assim, para competir com a Ford, a Toyota teria que adaptar o sistema de produção americano à cultura de seu país. Nesse contexto, surgiu o Sistema Toyota de Produção, com uma maior variedade de produtos, evitando a superprodução e buscando ao máximo a redução de desperdícios.

Naquela época, a montadora japonesa não estava nem entre as dez maiores montadoras do mundo. Em 2009, a Toyota tornou-se líder em volume de vendas, mostrando as vantagens e os benefícios do sistema que desenvolveu. O conceito não deve ser visto como exclusivo da Toyota, podendo ser aplicado em qualquer tipo de empresa e em qualquer país ou região. Deve ser tratado como um sistema de gestão para toda a empresa (LEAN INSTITUTE BRASIL WEBSITE).

Essa nova filosofia criada pela Toyota popularizou-se no estudo sobre a indústria de automóvel do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), designado “*The Machine that*

Change the World” (A Máquina que Mudou o Mundo), que estudou as causas da superioridade japonesa envolvendo produtividade, flexibilidade, rapidez e qualidade (QUELHAS, 2008).

O novo conceito, juntamente com outras técnicas, ganhou o nome de *Lean Production* (Produção Enxuta), uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos. A Gestão *Lean* procura fornecer consistentemente valor aos clientes com os custos mais baixos (PROPÓSITO) através da identificação de melhoria dos fluxos de valor primários e de suporte (PROCESSOS) por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa (PESSOAS). O foco da implementação deve estar nas reais necessidades dos negócios e não na simples aplicação das ferramentas *lean* (LEAN INSTITUTE BRASIL WEBSITE).

2.2.2 Os cinco princípios da Produção Enxuta

O pensamento enxuto, como já visto, visa o aumento da produtividade através da redução ou eliminação dos desperdícios. Segundo o Lean Institute Brasil, existem cinco princípios que resumem o pensamento e devem ser seguidos:

1. Valor:

O ponto inicial é a definição de “valor”. Ao contrário do que se pensa, não é a empresa e sim o cliente que determina o que é valor. São suas necessidade que geram valor e cabe à empresa determinar essas necessidade, satisfazê-las e cobrar um preço por isso.

2. Fluxo de Valor:

O passo seguinte consiste em identificar o fluxo de valor. Isso significa mapear todo o processo a fim de identificar os três tipos de atividade: aquelas que efetivamente geram valor, aquelas que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e aquelas que não geram valor e devem ser eliminadas. Para isso, deve-se enxergar todo o fluxo do produto e não as atividades de forma isolada.

3. Fluxo Contínuo:

Identificado o fluxo de valor, deve-se, agora, dar “fluidez” ao processo. Isso quer dizer produzir um item de cada vez e não em lotes, como era pregado

na produção em massa. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto uma "atualidade": a empresa pode atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

4. Produção Puxada:

A idéia da produção puxada deve ser implementada nos locais onde não foi possível estabelecer o fluxo contínuo. Assim, produzir-se-á somente o que é necessário e, principalmente, quando for solicitado. Assim como o fluxo contínuo, a produção puxada será mais bem explicada neste trabalho.

5. Perfeição:

O último passo deve ser um objetivo constante dentro da empresa. A melhoria contínua deve ser sempre buscada, de forma a atingir cada vez mais os anseios do cliente. A situação atual nunca deve ser encarada como suficiente para empresa.

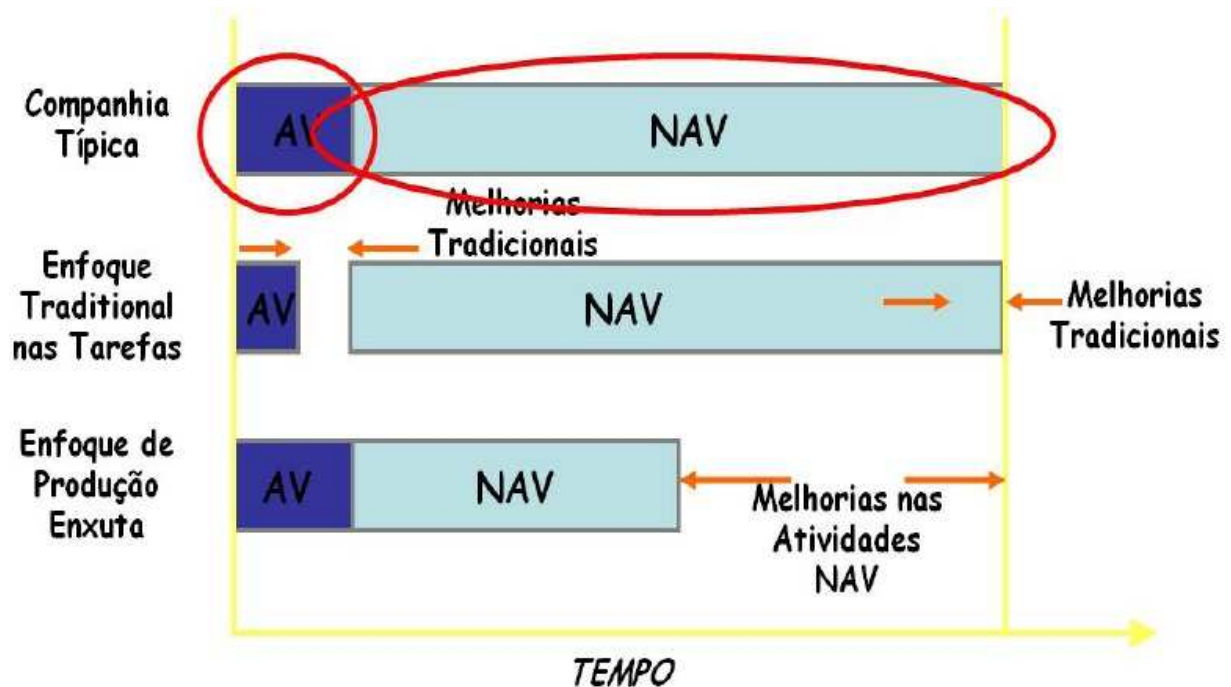
2.2.3 Atividade que agregam e que não agregam valor

A Produção Enxuta, como mencionado, foca na redução ou eliminação de desperdícios. Segundo Womack e Jones (1996), desperdício é toda atividade que absorve recursos, como mão-de-obra e energia, mas não cria valor para o cliente final. Em um sistema de produção existem três tipos de atividades: atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor e atividades que não agregam valor, porém são necessárias. Cada tipo de atividade será melhor explicada a seguir:

- **Atividades que agregam valor (AV):** são aquelas que, do ponto de vista do cliente, tornam o produto mais valioso.
- **Atividades que não agregam valor (NAV):** são as atividades que são indiferentes do ponto de vista do cliente, ou seja, não tornam o produto mais valioso. A Produção Enxuta visa a eliminação dessas atividades. São chamadas de *muda* tipo 2

- **Atividades que não agregam valor, porém necessárias:** são aquelas necessárias para o processo produtivo atual, mesmo que, do ponto de vista do cliente, não tornem o produto mais valioso. Serão eliminadas, somente se houver uma mudança radical no processo produtivo. São, também, chamadas de *muda* tipo 1.

A figura 7 representa a distribuição destas atividades ao longo de um fluxo de valor:



**Figura 3 - O enfoque da produção tradicional e o enfoque da Produção Enxuta
(ADAPTADO DE ARAÚJO, 2004)**

Percebe-se que o enfoque tradicional está na redução das atividades que agregam valor, por exemplo, investimentos em maquinário e tecnologias dos processos. Essa redução pouco altera o *lead time* do produto, visto que as atividades que agregam valor representam apenas 5% desse tempo, como mostra a figura 8. Por outro lado, o enfoque da Produção Enxuta é reduzir as atividades que não agregam valor, como por exemplo, tempo de troca de ferramentas, tempo de espera, movimentação de pessoas e materiais. Essas atividades representam grande parte do *lead time* e, se eliminadas, proporcionam uma queda significativa nesse tempo.

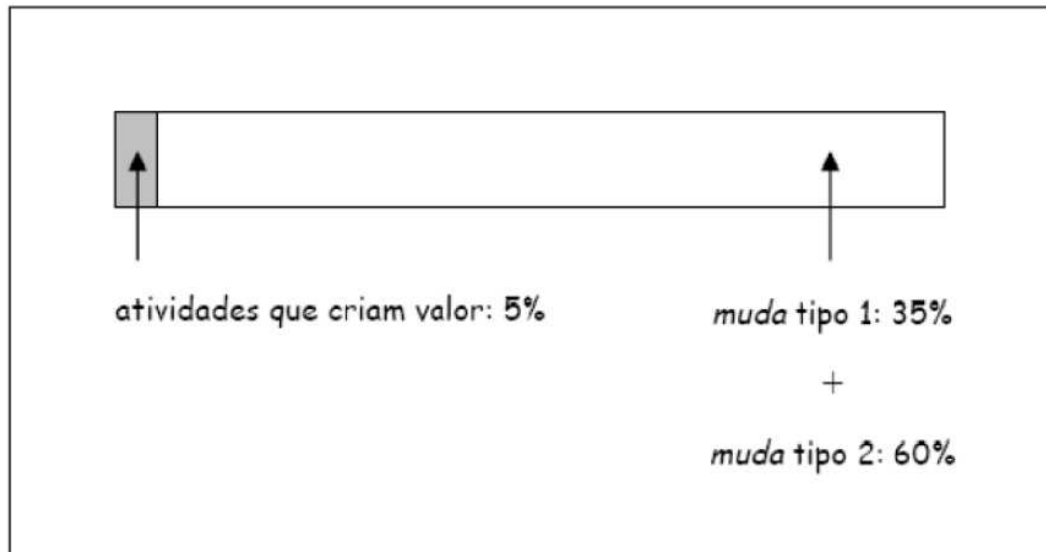


Figura 4 - Composição das atividades propostas por Hines e Taylor (2000)

(FONTE: ARAÚJO, 2004)

As atividades que não agregam valor são chamadas de desperdícios por Ohno (1997) e são classificadas em:

- **Superprodução:** este desperdício significa a produção acima do necessário ou antes do necessário. É um desperdício muito comum e preocupante, muitas vezes causa de outros desperdícios.
- **Estoque:** é resultado da superprodução e gera graves conseqüências para a empresa, com o aumento do *lead time*, tempo que uma peça leva para percorrer todo o processo produtivo, que está diretamente ligado aos giros de estoque da empresa. Assim, quanto maior for o *lead time*, maior a quantia de dinheiro parado na forma de estoque e, conseqüentemente, menos recursos para investimentos.
- **Defeitos:** são erros freqüentes no processamento da informação, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega. Defeitos geram retrabalho ou perda de peça, acarretando custos que não agregam valor para o cliente.
- **Transporte:** desperdícios gerados pela movimentação de peças, matéria-prima ou produtos acabados dentro da empresa ou entre elas.

- **Movimentação:** diferentemente do desperdício de transporte, a movimentação está ligada aos operadores. São as movimentações que esses realizam quando não estão realizando alguma atividade que agregue valor ao produto.
- **Espera:** diz respeito ao período de inatividade de bens, de pessoas e de informações. Todo tempo deve ser direcionado às atividades que, de fato, agregam algum valor ao produto.
- **Processamento inadequado:** é a execução de um processo com ferramentas ou procedimentos não apropriados, em detrimento de uma abordagem mais eficiente.

2.2.4 Visão Geral das Ferramentas de Apoio

2.2.4.1 Os 5S

Uma das técnicas do *lean* de maior visibilidade e importância é o 5S, que tem como objetivo organizar os postos de trabalho de forma a aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios. Essa técnica foi criada no Japão e seu significado deriva de cinco expressões japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Os maiores benefícios do 5S, segundo Correa & Correa (2004), são:

- Maior motivação e empenho do trabalhador, devido a uma melhoria das condições do ambiente de trabalho;
- Menor índice de acidentes, devido à limpeza e organização do ambiente de trabalho;
- Maior produtividade, proporcionada pela organização e padronização.

A seguir, são definidos cada um dos 5S de acordo com RIBEIRO (2006).

1º S - *Seiri* (Senso de Utilização):

O primeiro S foca no descarte de itens desnecessários. Uma metodologia utilizada para tal fase é a colocação de etiquetas vermelhas nos itens que não são necessários para a conclusão

das tarefas. Essas etiquetas permitem identificar de forma rápida os itens que não serão utilizados em determinado local, podendo deslocá-los para outra área.

Podemos dizer que as principais tarefas dessa fase são: procurar e identificar itens desnecessários e deslocá-los para uma área temporária.

2ºS - *Seiton* (Senso de Organização):

Tendo sido realizada uma primeira arrumação do posto de trabalho, eliminando tudo aquilo que não é indispensável para a realização das tarefas, deve-se criar uma nova metodologia de organização dos postos de trabalho. Nessa fase, pretende-se repensar toda a forma de trabalho, visando aumentar a produtividade, eliminando perdas de tempo e de eficácia, através das seguintes tarefas:

- Identificar a melhor área para os demais itens (necessários), para que possam ser facilmente localizados e utilizados;
- Organizar uma forma para mantê-los;
- Garantir sua fácil localização e uso por todas as pessoas;
- Tornar perceptível para todas as pessoas quando um item não está no local correto;
- Definir limites de estoque;
- Definir e implementar indicadores para monitorar a situação.

3º S - *Seiso* (Senso de Limpeza):

Após as duas primeiras tarefas, os postos de trabalho encontram-se organizados, contendo, apenas, os itens necessários, nas quantidades necessárias e com uma perspectiva de aumentar a rentabilidade do trabalho.

A etapa seguinte consiste em realizar uma limpeza a fundo, bem como criar metodologias de controle para que a limpeza e a arrumação se mantenham. Além de proporcionar a limpeza, essa fase é, também, responsável por analisar se os equipamentos encontram-se em condições de uso, realizando calibrações, testes, aferições, etc.

4º S - *Seiketsu* (Senso de Padronização):

O quarto S foca na definição de uma metodologia capaz de manter e controlar as três etapas anteriores.

Uma forma de controle é a definição por escrito dos aspectos a serem controlados, visando atingir os objetivos traçados, como por exemplo, a definição de níveis de estoques mínimos e a periodicidade de limpeza dos postos de trabalho.

5º S - *Shitsuke* (Senso de Auto-Disciplina):

A última etapa do 5S consiste na necessidade de um trabalho contínuo, para que os esforços e recursos utilizados nessa metodologia sejam mantidos na empresa, cada vez com mais e melhores resultados.

As principais preocupações nessa fase são: assegurar a aderência à metodologia 5S através de comunicação, auto-disciplina e garantir que o programa 5S tenha se tornado hábito na empresa.

Para que todo o trabalho desenvolvido até essa fase não seja desperdiçado, um sistema de medição e monitoramento das novas regras e práticas deve ser criado, para que seja possível saber quando os resultados estão fora do esperado.

Para o sucesso da empresa, o 5S deve ser implementado na ordem descrita acima. Inicialmente, eliminando aquilo que não é necessário, para, em seguida, organizar os postos de trabalho, eliminar as fontes de sujeira, criar procedimentos de limpeza, padronizar formas de armazenagem dos recursos e, finalmente, garantir a sustentabilidade com treinamentos e auditorias.

2.2.4.2 Fluxo Contínuo

As empresas buscam, cada vez mais, inserir o fluxo contínuo em suas operações, pois perceberam que a técnica proporciona agilidade e redução de desperdícios na fábrica. A criação do fluxo contínuo na cadeia produtiva tornou-se um dos principais objetivos da Produção Enxuta.

Produzir um fluxo contínuo significa processar ou movimentar um item por vez (ou um pequeno lote de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo

que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Também chamado de fluxo de uma peça ou fluxo de uma só peça (*one-piece flow*) o fluxo contínuo pode ser realizado tanto em linhas de produção ou montagem quanto em células manuais ou automáticas (ROTHER & HARRIS, 2001). A Figura 9 ilustra uma situação em que o fluxo contínuo é utilizado.

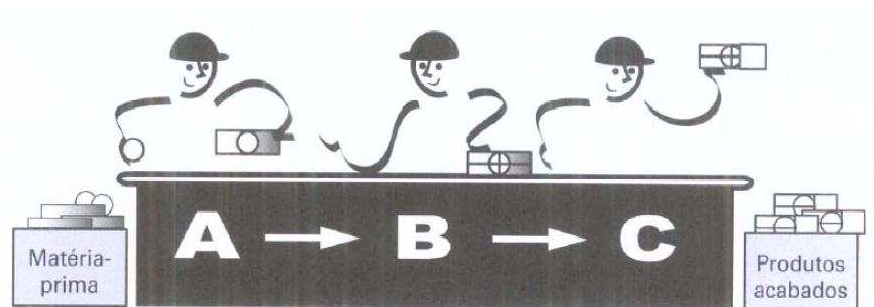


Figura 5 - Processamento em fluxo contínuo

(FONTE: ROTHER & SHOOK, 1999)

O fluxo contínuo permite que cada peça percorra seu fluxo de fabricação sem interrupção, evitando esperas, formação de estoques intermediários e superprodução, reduzindo a movimentação e o transporte. As máquinas ficam mais próximas umas das outras e em geral dispostas em um arranjo em forma de “U”, conhecido como células de produção, para redução da área física.

Uma célula, segundo Rother & Harris (2001), é definida como um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através da qual as partes são processadas em fluxo contínuo. O *layout* físico de uma célula em “U” é o mais conhecido, mas muitas formas variadas são possíveis.

Além da eliminação do estoque em processo, a utilização de células em fluxo contínuo possui vantagens relacionadas à qualidade, pois torna mais rápida a percepção de defeitos e peças não-conformes, visto que o consumo das peças pelo processo seguinte é praticamente instantâneo (SILVA, 2007).

2.2.4.3 Mapeamento de Fluxo de Valor

Segundo Rother & Shook (1999), fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos necessários a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Definido o que é fluxo de valor, segue abaixo as razões pelas quais o mapeamento de fluxo de valor é essencial para a Produção Enxuta (ROTHER & SHOOK, 1999):

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Passa a ser possível enxergar o fluxo.
- Ajuda a enxergar além dos desperdícios, suas fontes no fluxo de valor.
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis e facilita a discussão de todas as pessoas envolvidas.
- Forma a base de um plano para a implementação enxuta.
- É a única ferramenta que mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de materiais.

O Mapa de Fluxo de Valor é uma ferramenta utilizada para diagnosticar e enxergar melhor os problemas da situação atual da empresa, para, depois, propor melhorias e atacar as fontes de desperdício, projetando uma situação futura.

Para fazer um Mapa de Fluxo de Valor é preciso conhecer todos os processos pelos quais passa o produto, desde a chegada da matéria prima até a expedição de produto acabado. Deve-se desenhar os processos uns ao lado dos outros, especificando o fornecedor e o cliente de cada processo, no início e no fim respectivamente do fluxo. É preciso diferenciar os fluxos de informação e material com setas específicas. A figura 10 representa um Mapa de Fluxo de Valor do estado atual.

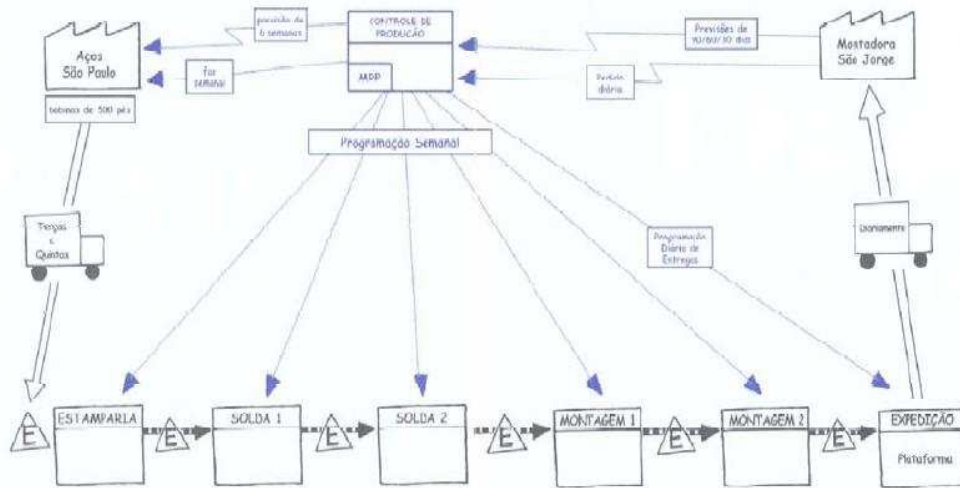


Figura 6 - Exemplo de um Mapa de Fluxo de Valor da situação atual

(FONTE: ROTHER & SHOOK, 1999)

Antes de começar a desenhar o mapa, é preciso escolher quais produtos farão parte dele. Para isso, são formadas as famílias de produtos, que são grupos de produtos que passam por processos semelhantes e utilizam equipamentos em comum ao longo do processo. A figura 11 ilustra um quadro, em que é feita a seleção de uma família, a partir das etapas de processamento em comum:

		Etapas de Montagem & Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma Família de Produtos

Figura 7 - Formação de famílias de produtos

(FONTE: ROTHER & SHOOK, 1999)

Formadas as famílias, o próximo passo é desenhar o mapa da situação atual para cada uma delas. Em seguida, deve-se listar os pontos de melhoria para a projeção da situação futura, que, também, é representada através de um mapa.

Os mapas de fluxo de valor devem conter informações relevantes para uma correta interpretação, tanto da situação atual quanto da situação futura. Para isso, as chamadas métricas *Lean* são utilizadas como fonte para a obtenção das informações e serão descritas a seguir (ROTHER & SHOOK, 1999):

- Tempo de Ciclo (T/C):
É a frequência com que uma peça ou um produto são realmente completados em um processo. Em outras palavras, é o intervalo de tempo entre a saída de dois produtos consecutivos em um processo.
- Tempo de Agregação de Valor (TAV):
É a somatória dos tempos dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar.
- Lead Time (L/T):
É o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo do todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo (matéria-prima) até o fim (produto acabado).

A situação futura deve ser desenhada a partir de uma sequência de passos, descrita a seguir:

- 1) Produza de acordo com o *takt time*. O *takt time* é o ritmo de produção que deve ser seguido para atender a demanda do cliente. O cálculo do *takt* é feito a partir da divisão do tempo disponível pela demanda do cliente. O tempo disponível e a demanda do cliente devem estar num mesmo horizonte de tempo.
- 2) Produzir para supermercado de produtos acabados ou para a expedição. Produzir para a expedição implica em um sistema produtivo confiável do início ao fim do processamento. Em alguns casos, como as empresas que atuam na política *Make-to-Order* (processamento sob encomenda), a única alternativa é produzir para a expedição.
- 3) Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível, evitando estoques entre os processos.
- 4) Utilize supermercados onde não for possível a implantação de fluxo contínuo.

- 5) Definir o processo puxador. É necessário definir qual o único processo do fluxo que deverá ser programado. Esse processo é chamado de processo puxador e é ele que dita o ritmo dos demais processos. Este ponto é o último processo onde existe a produção puxada. A partir dele só deve existir transferências de materiais através de fluxo contínuo ou linhas FIFO.
- 6) Nivelar o *mix* de produção no processo puxador. Quanto mais se nivela o *mix* de produção no processo puxador mais eficiente é a resposta às diferentes solicitações de clientes.
- 7) Desenvolva a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos anteriores ao processo puxador. “Toda parte todo dia”, ou TPT, significa o tempo gasto entre o início da produção de um lote de um tipo de peça e o próximo início de outro lote deste mesmo tipo. Ele representa quão freqüente um sistema de produção pode entregar um dado tipo de peça para o cliente. Quanto menor for o TPT, menor o tamanho do lote e do tamanho do inventário em processo.
- 8) Nivelar o volume de produção do processo puxador. Para nivelar o *mix* e o volume de produção é normalmente utilizado o *heijunka box*. O *heijunka box* é um quadro onde é mostrada a programação do processo puxador. Para cada incremento *pitch* está programado para ser produzido um determinado produto. Um incremento *pitch* é dado pela multiplicação do *takt time* do produto pela quantidade de produtos em uma embalagem. A Figura 12 ilustra o quadro de nivelamento da carga, o *Heijunka Box*:

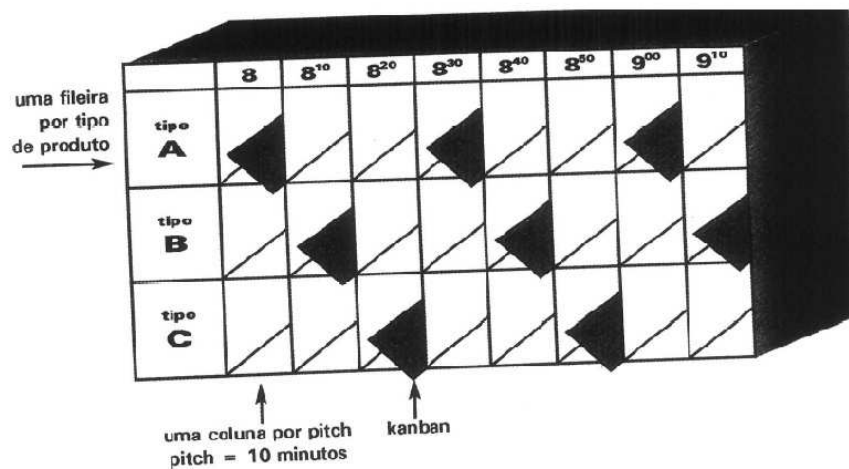


Figura 8 - Quadro de Nivelamento da Carga (Heijunka Box)

(FONTE: ROTHER & SHOOK, 1999)

2.2.4.4 A Filosofia Kaizen

Após ter sido arrasado pela segunda guerra mundial, o Japão precisava reerguer-se economicamente e, a partir daí, os japoneses implementaram não só nas empresas, mas também em suas vidas a filosofia do *kaizen*, na qual nenhum dia deve passar sem que ocorra algum melhoramento. Anteriormente, a postura reativa imperava nas corporações, ou seja, as expectativas eram voltadas para as necessidades organizacionais. Hoje já existe a postura proativa, isto é, expectativas orientadas para o cliente. Neste contexto surgiram as técnicas de melhoria contínua do *kaizen* que permitiram às empresas uma participação efetiva no mercado (ESPÍNDOLA, 1997).

O *kaizen* pode ser definido como a busca pelo melhoramento contínuo e adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que presume mais e menores passos de melhoramento incremental (SLACK, 1997).

A filosofia por trás da definição diz que o *kaizen* trata de um melhoramento na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social e na vida de trabalho. Quando aplicado ao trabalho, *kaizen* significa melhoramentos envolvendo todo mundo – administradores e trabalhadores de forma igualitária (IMAI, 1986).

Um evento *kaizen* acontece quando uma equipe de trabalho focada e treinada realiza uma melhoria brusca em um processo, em um curto intervalo de tempo através de um intenso e dedicado trabalho. Durante o evento, após os treinamentos que a equipe recebe, uma análise é feita da situação atual e uma projeção é feita para a situação futura. Em seguida, o foco da equipe é trabalhar para que a situação atual chegue à situação futura desejada.

A equipe *kaizen* deve ser composta por integrantes de diversas áreas da empresa e durante o evento todos realizam atividades diferentes daquelas com as quais estão habituados a fazer no dia-a-dia. É importante que o evento tenha o patrocínio e o apoio da alta gerência da empresa, como forma de estímulo e confiança de todos da equipe.

2.2.5 O Sistema Puxado (*kanban*)

O sistema puxado ou produção puxada é uma prática muito utilizada na Produção Enxuta, em que a produção deve ser feita o máximo possível de acordo com o pedido real do cliente e não de acordo com a previsão de consumo. Isto porque, na maioria das vezes, esses dois não são iguais, o que implica em inventário e excesso de produção (SLACK, 1997).

A necessidade de se programar todas as operações por onde passa o pedido, através de um sistema MRP, não existe em um sistema puxado. Os operadores é que decidem quando e quanto produzir, por meio de sistemas simples de sinalização que conectam os processos. Com isso, ocorre uma transferência de responsabilidade da programação diária do chão de fábrica para os operadores, eliminando, assim, a necessidade de se ter um programa fazendo isso.

Controlando a produção dessa maneira, apenas uma etapa recebe o pedido do cliente. Como por exemplo, para realizar um pedido, essa etapa busca, em um supermercado de peças da etapa anterior, as peças de que necessita para realizar o pedido. Por sua vez, esta outra etapa busca, em outro supermercado, as peças necessárias para repor o seu próprio estoque e, assim, sucessivamente.

No ocidente, o sistema puxado de produção ficou conhecido como sistema *kanban*. Este é o nome dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens ao longo do processo produtivo (CORRÊA E GIANESI, 2008).

Os cartões limitam a quantidade a ser produzida e, portanto, os estoques limitam-se a uma certa quantidade dimensionada pelos mesmos. Segundo Silva (2007), existem três tipos básicos de controle por *kanban*:

- **Kanban de sinal:** este sistema baseia-se em um ponto de reposição seguro que é o sinal que dispara a produção. Quando o consumo de determinado item atinge um determinado nível, um cartão é disparado para o processo produtor. É, geralmente, utilizado para itens de baixo custo.
- **Sistema de um *kanban* (um cartão):** consiste na utilização de um único cartão de *kanban*, o de produção. Cada cartão corresponde a um lote pré determinado. Conforme o processo cliente consome as peças do supermercado, os cartões são colocados no quadro e ao formar um lote de reposição, a produção é disparada para o processo produtor.
- **Sistema de dois *kanbans* (dois cartões):** consiste na utilização de dois cartões *kanban*, um de produção e um de transporte. O *kanban* de transporte permite a movimentação das peças do supermercado ao processo cliente.

Para um sistema de *kanban* ter um bom funcionamento, o processo cliente deve: retirar os produtos do processo fornecedor na quantidade necessária e no tempo necessário; o processo fornecedor deve produzir na quantidade retirada pelo processo cliente; os produtos com defeitos jamais devem ser passados ao processo seguinte; o número de *kanbans* necessita ser minimizado; e o cálculo do *kanban* deve considerar variações mínimas na demanda.

O funcionamento do sistema será descrito a seguir:

O processo cliente consome uma peça do processo anterior quando necessário. Ao consumir a peça, o cartão que estava junto à peça volta para um quadro que está no processo fornecedor. O cartão é colocado nesse quadro, conhecido como quadro *kanban* ou quadro semáforo, pois contém as cores verde, amarelo e vermelho. Os cartões são colocados, primeiramente, na faixa verde, depois na faixa amarela e, finalmente, na vermelha.

A faixa verde do quadro significa que o processo fornecedor ainda não precisa se preocupar em produzir para repor o que fora consumido. A quantidade de cartões que deve ser colocada nessa faixa representa o lote da produção, ou seja, o TPT (toda parte todo) definido. A faixa amarela mostra ao processo fornecedor que este deve produzir o item em questão. A quantidade de cartões dessa faixa representa o *lead time* de reposição do item. Já a faixa

vermelha indica urgência para a produção do item, ou seja, a quantidade de peças que foi colocada como faixa de segurança está sendo consumida.

Segue abaixo, uma série de figuras que melhor explica o funcionamento do *kanban*:

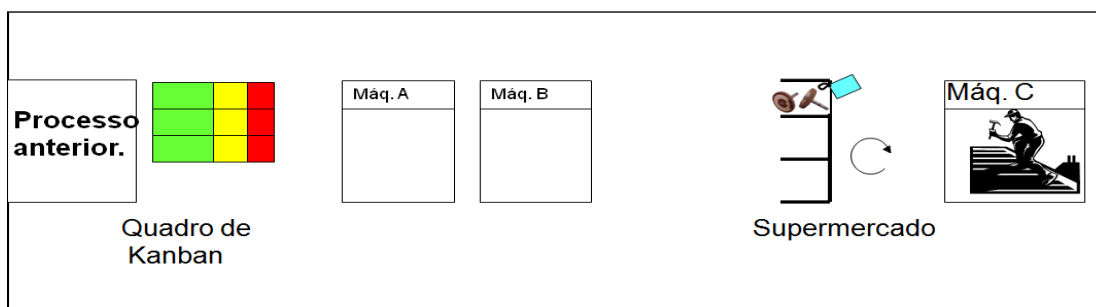


Figura 9 - Etapa 1 Kanban

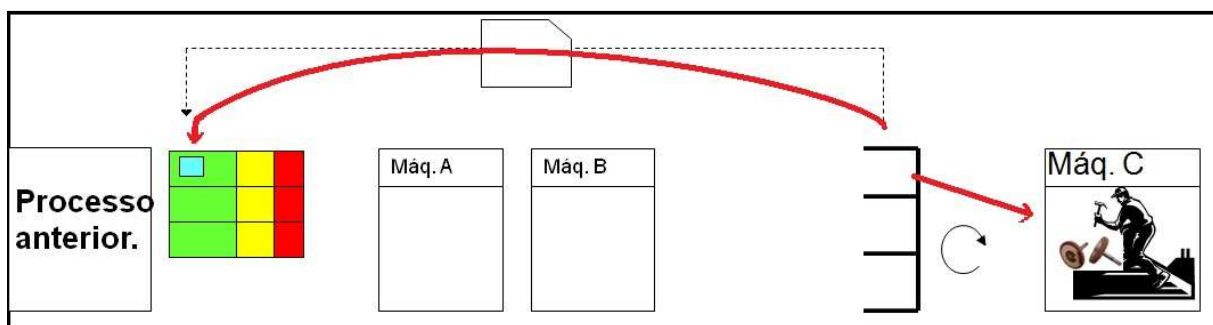


Figura 10 - Etapa 2 Kanban

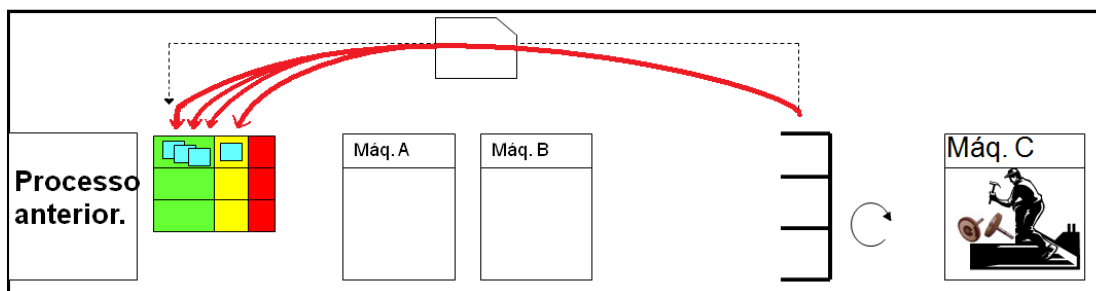


Figura 11 - Etapa 3 Kanban

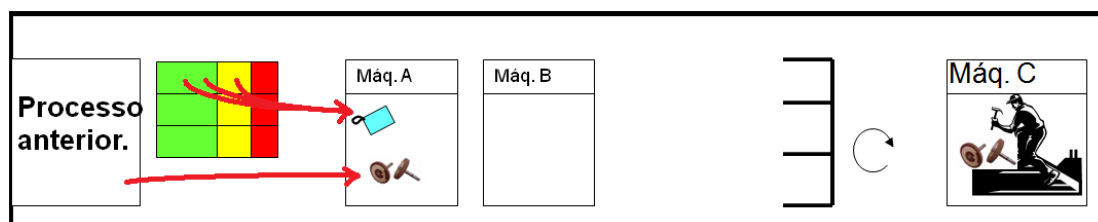


Figura 12 - Etapa 4 Kanban

A definição dos locais onde devem ser colocados os supermercados é outro ponto importante. Após ter o mapa de fluxo de valor desenhado, tem-se uma boa visão para a definição dos pontos mais propícios para a criação dos supermercados. Os supermercados devem ser implantados nos pontos onde não é possível manter o fluxo contínuo.

Segundo Gaury (2000), o *kanban* tem grandes vantagens como:

- Redução do estoque do material em processo;
- Os setores produtivos são melhores aproveitados, ou seja, há um aumento da produtividade;
- Os *lead times* são reduzidos, possibilitando a antecipação dos prazos de entrega;
- Há uma melhor administração dos estoques em processo e final;
- Menor ocupação de espaço, até a extinção, para estoques intermediários e diminuição das áreas de almoxarifado e armazenagem na expedição;

2.2.6 O JIT com MRP

O sistema MRP e a Produção Enxuta têm por base idéias que, aparentemente, são divergentes. Fica, então, a pergunta se ambos podem coexistir. Segundo Schneider (2005), existe a possibilidade de o sistema MRP e o *kanban*, que é uma ferramenta Produção Enxuta, atuarem juntos. Basta que a vantagem de cada uma das técnicas seja preservada. A utilização do MRP ou do *kanban* está diretamente ligada ao volume da produção e às variações da demanda.

O MRP pode ser usado na Produção Enxuta para se obter uma explosão de peças e pedir materiais e peças para fornecedores. Os fornecedores utilizam o MRP como um plano global para a produção e para determinar a seqüência de pedidos reais, porém a produção real baseia-se no sistema *kanban* do cliente.

Muitas empresas que utilizam o MRP acabam utilizando alguns princípios do JIT, a fim de simplificar a utilização do próprio MRP, que, assim, teria de administrar uma quantidade menor de itens, gerar uma quantidade menor de ordens de produção e controlar uma quantidade menor de transações (CORRÊA e GIANESI, 2007).

Esses sistemas em que coincidem sistemas MRP e conceitos de JIT são chamados de Sistemas Híbridos de Programação. A utilização desses sistemas permite ao sistema de

produção harmonizar a implantação de supermercados para as subfamílias das partes *best-sellers* com ordens de produção para as demais famílias de produtos (NAZARENO, 2008).

3 Metodologia de Pesquisa

A fim de alcançar o objetivo definido, este tópico apresenta inicialmente uma análise metodológica quanto à caracterização desta pesquisa em relação à natureza e objetivos da pesquisa, orientação a resultados e os métodos de pesquisa utilizados em engenharia de produção. Posteriormente, são definidos os sujeitos da pesquisa, variáveis de pesquisa, instrumentos de coleta de dados, etc.

De acordo com Miguel (2008), em um trabalho científico a metodologia de pesquisa possui grande importância devido à necessidade de embasamento científico adequado que o trabalho exige. Deste modo constantemente deve-se procurar a melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução. Desta forma, deve-se proporcionar o desenvolvimento de trabalhos mais bem estruturados e também contribuir direta ou indiretamente para a geração de conhecimento.

Tendo em vista esta importância, alguns dos macroobjetivos de uma pesquisa podem ser os seguintes itens relacionados abaixo (SELLTZ, 1975):

- Familiarizar ou conseguir uma nova compreensão sobre um fenômeno;
- Apresentar informações sobre uma dada situação, grupo ou entidade;
- Verificar a frequência com que algo ocorre ou como se liga a outros fenômenos;
- Verificar uma hipótese de relação causal entre variáveis.

As pesquisas geralmente costumam apresentar as quatro características citadas acima.

3.1.1 Classificação das Pesquisas

As pesquisas podem ser classificadas de quatro principais formas (GODOY, 1995; MAYS e POPE, 1996; MATTAR, 1996):

- Quanto à natureza:
 - o Pesquisa básica: objetiva criar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais.

- o Pesquisa Aplicada: objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática com o propósito de solucionar problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.
- Quanto à forma de abordagem do problema:
 - o Pesquisa quantitativa: significa conseguir quantificar tudo o que for possível, ou seja, traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, etc.)
 - o Pesquisa qualitativa: o vínculo indispensável entre a objetividade e a subjetividade, o que não pode ser traduzido em números. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva.
- Quanto aos seus objetivos:
 - o Pesquisa exploratória: visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso
 - o Pesquisa descritiva: visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento.
 - o Pesquisa explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, explica a razão, o “porquê” das coisas. Quando realizada nas ciências naturais, requer o uso do método experimental, e nas ciências sociais requer o uso do método observacional. Assume, em geral, as formas de Pesquisa Experimental e Pesquisa Expost-facto.
- Quanto aos procedimentos técnicos e métodos adotados, que serão discutidos no próximo tópico mais especificamente para a Engenharia de Produção.

Após esta pequena revisão da literatura sobre os tipos de classificações pode-se dizer que este trabalho quanto a sua natureza é uma pesquisa aplicada, pois existem interesses locais para a resolução de um problema específico. Quanto à forma de abordagem do problema ele se classifica como pesquisa qualitativa, já que não temos como separar a subjetividade e nem tudo será traduzindo em números, tendo também o pesquisador como instrumento chave para conseguir as informações, dados necessários e interpretá-los. Em relação aos seus objetivos é uma pesquisa exploratória que visa fazer um levantamento bibliográfico, coleta de dados de diversas maneiras para levantar hipóteses e possíveis soluções de melhoria para um problema.

3.1.2 Procedimentos e métodos de pesquisa

Para Michel (2007), os principais métodos e procedimentos técnicos adotados nas pesquisas em Engenharia de Produção envolvem os seguintes tipos relacionados e explicados abaixo:

- Estudo de caso: método utilizado no presente trabalho e melhor detalhado na próxima seção;
- Desenvolvimento teórico-conceitual: Apesar de os desenvolvimentos teóricos poderem advir de discussões conceituais da literatura ou de revisões bibliográficas, seu escopo principal envolve, sobretudo, modelagens conceituais que resultam em novas teorias;
- *Survey*: Compreende em um levantamento de dados em uma amostra significativa acerca de um problema a ser estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Contribuindo assim para o conhecimento em uma área particular de interesse. As *surveys* podem ser classificadas como exploratórias, confirmatórias ou descritivas;
- Modelagem ou simulação: consiste no uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo. A modelagem é completada com o uso da simulação, que através de técnicas computacionais simula a operação de sistemas produtivos, baseado em um

conjunto de variáveis em dado domínio, de forma a investigar a relação causal e quantitativa entre essas variáveis;

- Pesquisa-ação: é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo, ou seja, o pesquisador não é um mero expectador ele toma ação;
- Pesquisa bibliográfica ou revisão de literatura: apresenta-se como uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento, além de permitir a cobertura de uma gama de fenômenos geralmente mais ampla do que aquela que poderia ser pesquisada diretamente. Além do mais, as revisões permitem a identificação de pesquisas futuras, contribuindo com sugestões de idéias para o desenvolvimento de novos projetos de pesquisas.
- Pesquisas Experimentais: tratam de um estudo sobre a relação causal entre duas ou mais variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador, geralmente conduzidas em laboratórios. Nesse tipo de pesquisa, na maioria das vezes o pesquisador manipula e controla as variáveis e observa as variações que tal manipulação e controle produzem sobre o fenômeno em estudo.

3.2 Estudo de Caso

O estudo de caso foi a forma mais adequada de se apresentar o tema proposto. É um estudo fundamentado em experiências, e não em dados científicos, que investiga um determinado fenômeno com o objetivo de aprofundar o conhecimento a respeito de um problema não suficientemente definindo, visando instigar a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou também desenvolver alguma teoria (YIN,2001) .

Em geral, o fenômeno investigado é contemporâneo, dentro de um contexto real de vida e as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidos.

Portanto, trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetivos (casos) atuais, para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, tentando esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou conjunto de decisões foram implantados e com quais resultados alcançados (YIN, 2001).

Ainda segundo Yin (2001) o estudo de caso tem sido considerado “o irmão mais fraco dos métodos de pesquisa”, e isto ocorre principalmente devido a falta de rigor, precisão e objetividade que algumas investigações desta abordagem podem ter. Outra desvantagem observada no estudo de caso é o fornecimento de pouca base científica para permitir generalização, e isso se deve ao fato do estudo ser feito em cima de uma situação específica e de interesses locais, não representando assim uma amostra. Além disso, o estudo costuma demorar muito tempo para ser realizado, e resulta em grandes documentos que se tornam difíceis de serem lidos.

Mas, apesar das fraquezas e limitações apontadas, o estudo de caso tem tido um uso extensivo na pesquisa, isso reside no fato de que é uma abordagem que permite se aprofundar e detalhar bastante um determinado cenário, lembrando que o enfoque deste tipo de pesquisa é estudar e analisar um caso em específico. Além de ter capacidade de lidar com uma completa variedade de evidências, como documentos, artefatos, entrevistas e observações.

De forma sintética, Yin (2001) apresenta quatro aplicações para o Método do Estudo de Caso:

- a) Para explicar ligações causais nas intervenções na vida real que são muito complexas para serem abordadas pelos *surveys* ou pelas estratégias experimentais;
- b) Para descrever o contexto da vida real no qual a intervenção ocorreu;
- c) Para fazer uma avaliação, ainda que de forma descritiva, da intervenção realizada;
- d) Para explorar aquelas situações onde as intervenções avaliadas não possuam resultados claros e específicos.

O mesmo autor identifica algumas etapas que devem ser seguidas para a elaboração e uma boa execução do estudo de caso, dentre eles: definir claramente o problema, estruturar o formato da coleta de dados e perguntas a serem feitas, definir a abrangência dos elementos do caso e determinar os instrumentos de coleta de dados.

O presente trabalho foi realizado da seguinte forma:

- Etapa 1: Definiu-se o tema de interesse do autor e identificou-se um possível problema que poderia ser encontrado em alguma empresa a fim de se realizar o estudo de caso.
- Etapa 2: Realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre o Planejamento e Controle da Produção e a filosofia *lean*, mais especificamente, focada nos sistemas puxados e a ferramenta *kanban*.
- Etapa 3: A empresa alvo do estudo de caso foi definida.
- Etapa 4: Foi realizado levantamento de dados na empresa, através de entrevistas, reuniões e visitas, além da coleta de informações em planilhas fornecidas pela empresa.
- Etapa 5: Após a coleta, realizou-se uma análise dos dados, a fim de se identificar o estado atual da empresa e como seria o estado futuro após as implementações. Nesta etapa, um projeto de melhorias foi apresentado.
- Etapa 6: Finalmente, são apresentadas algumas conclusões com base na análise dos resultados.

4 Desenvolvimento do estudo de caso

4.1 Apresentação da empresa

A empresa, alvo do estudo de caso deste trabalho, está localizada na cidade de São Carlos, interior do estado de São Paulo. Trata-se de uma empresa familiar e possui mais de 50 anos de atuação no mercado. Trata-se de uma empresa de médio porte, com, aproximadamente, 200 funcionários e com forte atuação no mercado de transformação de plásticos. Possui vasta experiência e domínio tecnológico no desenvolvimento e fabricação de produtos especializados. Os mais de 20 produtos fabricados pela empresa são divididos em:

- Máquinas automáticas para a produção de sacos e sacolas plásticas;
- Termoformadoras “*pressure forming*” automáticas para a produção de descartáveis e embalagens industriais;

A produção da empresa está dividida nos seguintes macro processos:

- Corte: formado por máquina de corte por meio de serra e disco. É o primeiro processo na fabricação de grande parte das peças;
- Usinagem: neste setor, estão concentradas a maior parte das máquinas. As matérias primas passam por tornos CNC, centros de usinagem, retíficas e/ou processos de furação, para, depois, seguirem para os processos seguintes;
- Solda: este setor localiza-se em um galpão, junto com os processos de corte e é composta por 6 cabines de solda manual;
- Processos externos: a empresa não possui a estrutura necessária para alguns processos e acaba terceirizando-os. Esses processos são: emborrachamento, zincagem e tratamento térmico;
- Controle de qualidade: no centro do chão de fábrica está localizada uma sala, onde ocorre o controle de qualidade final. As peças, em seu estágio final de fabricação, passam pelo controle de qualidade final (CQF) antes de serem disponibilizadas para a montagem;

- Montagem/Expedição: esse setor é o responsável pela montagem final e expedição dos subconjuntos e conjuntos finais;

Os dados e informações necessários para o desenvolvimento do estudo foram obtidos com pessoas dos diversos departamentos da empresa, principalmente do departamento de PCP, além dos donos da empresa e técnicos de produção. O projeto apresentado neste estudo foi desenvolvido durante os anos de 2007 e 2008.

4.2 Situação atual da empresa

A empresa trabalha com uma demanda mensal de, aproximadamente, 13 máquinas, sendo o produto HSC-700, responsável por mais de 20% dessa demanda. O sistema de produção da empresa é baseado em um sistema MRP. Denomina-se o programa responsável pela geração das necessidades como programa mestre de vendas. Esse programa gera as necessidades que são as ordens de serviço e ordens de corte. Uma pessoa deve fazer os pedidos dos desenhos de projeto das peças requisitadas no departamento de Projeto, para, depois, levar à produção. As ordens são enviadas para a produção para que as peças sejam usinadas e, possam, futuramente, serem mandadas para processos terceirizados, como emborrachamento e tratamento térmico. Depois de processadas, passam por um controle de qualidade final e são armazenadas em um almoxarifado central.

Um problema que a empresa vem enfrentando é o atraso na entrega dos pedidos. As vendas permanecem constantes, com perspectivas de crescimento, mas a produção não consegue acompanhar esse ritmo. Há um grande almoxarifado central com muitas peças estocadas de forma desorganizada, além de o chão de fábrica ser um ambiente com problemas de higiene, desorganização e ausência de gestão visual. O sistema de produção é do tipo empurrado, baseado em previsão mensal e apresenta altos *lead times*.

4.3 Análise e Propostas

Inicialmente, reuniões com os donos da empresa foram realizadas para se decidir como seria possível a implementação do *kanban*, já que a empresa utilizava o seu programa mestre de vendas para emitir ordens de produção e os relatórios de vendas para fazer sua previsão de demanda. Decidiu-se que, inicialmente, apenas um produto faria parte do sistema puxado, enquanto o restante continuaria sendo fabricado através do MRP. No entanto, futuramente, outros produtos da linha seriam integrados ao projeto.

Então, as conversas com a alta direção da empresa passaram a focar qual seria o melhor produto para o início do projeto. Concluiu-se que deveria ser um produto que possuísse demanda constante. Utilizando os relatórios de vendas de 2005 e 2006, percebeu-se que o produto HSC-700, com uma média de 3 máquinas/mês era o mais apropriado. Além disso, a alta direção da empresa acreditava que esse número de produtos vendidos poderia aumentar, caso o problema de atraso na entrega fosse solucionado. O principal objetivo do projeto era reduzir o *lead time* de fabricação do produto escolhido. O tempo total para a fabricação da máquina, considerando a fabricação de peças e a compra de outros componentes, montagem e testes elétricos era de 30 dias, aproximadamente. Por meio de conversas com o departamento de PCP, fez-se possível uma previsão de redução desse tempo para 20 dias.

Escolhido o produto, fez-se um levantamento dos componentes e a seguinte tabela foi obtida:

Itens Comprados (COML)	300
Itens Produzidos	300
Total de componentes	600

Tabela 1 - Distribuição dos itens da máquina HSC-700

Com uma quantidade alta de peças, decidiu-se escolher as peças mais importantes para o início do projeto. A seleção foi feita baseada no processo de fabricação de cada peça. Com o auxílio do departamento de PCP, as peças que passavam por determinados gargalos foram

selecionadas para fazerem parte do projeto. Isso significa que foi dada importância às peças que passavam por processos que atrasavam a produção por terem uma capacidade inferior à demanda. A tabela 2 mostra os principais gargalos:

	Quantidade de peças da HSC-700 que passam pelo processo
CDV (Centro de Usinagem)	28
CTU (Centro de Usinagem)	22
G280 (Torno CNC)	7
EMBO (Emborrachamento)	6
INT (Interact)	48

Tabela 2 - Quantidade de peças que passam pelos gargalos

A partir dessa tabela, decidiu-se mapear todas as peças que passavam pelo processo INT. O processo era um gargalo, pois era comum para a fabricação de diversas peças do produto escolhido e de peças de outros produtos da empresa. O *kanban* surgiria como uma ferramenta capaz de balancear a linha visando reduzir e/ou eliminar o desperdício de tempo gerado por esse gargalo. A tabela 3 lista as 48 peças:

CÓDIGO	NOME	CÓDIGO	NOME
PS-249314	Cilindro Inferior (Acabamento)	PS-218884	Bucha de Fixação Expansiva (Diâ.Ext 45 Diâ.Int 30)
PE-2416188	Eixo de Tração Inferior	PT-407502	Braço da Balança
PE-2416187	Eixo de Tração Superior	PI-178241	Base Esticadora do Redutor
PT-0225153	Cilindro Pressionador (SC-700*Acabamento*)	PI-004269	Anel de Trava da Coluna Inferior
PI-2810325	Coluna de Guia do Cabeçote Superior	PT-508262	Régua de Encosto da Balança
PE-020045	Eixo de Tração	PS-500144	Refilador Lateral
PE-025890	Eixo de Tração Inferior da Esteira	PS-2414607	Suporte da Fotocelula
PE-2416189	Eixo dos Anéis Separadores	PS-0410342	Pente Inferior
PE-2415900	Tubo do Braço (40 x 800)	SLB-2015250	Suporte do Termo Elemento
PE-2415901	Varão de Fixação das Laterais	PE-7415115	Suporte do Esticador da Corr. Da Biela
PI-5610803	Esticador da Correia do Eixo dos Excentricos	PS-2417088	Barra Espaçadora dos Tubos do Pente Superior
PE-5011070	Esticador da Correia Sincr. da Esteira	PS-045375	Barra Espaçadora dos Tubos do Pente Inferior
SL-2515071	Esticador da Corrente SL	PT-049381	Braço da Balança Compensadora
SL-003342	Mancal do Cilindro S.L.	PI-5010687	Calco da Barra de Trava da Coluna
SL-2421071	Cilindro S.L.P.E. (SC-700-II)	PT-500572	Suporte do Tubo Pressionador
SLP-027269	Cilindro S.L. de Polipropileno ***Acab.***	PE-7415319	Suporte do Fuso Superior
PI-178102	Biela de Acionamento do Cabeçote Superior	PS-056151	Guia da F.C.
PE-7415091	Mancal da Biela da Esteira	PS-084556	Suporte do Pente Inferior
PS-2417369	Pente Superior	PS-056155	Fixador do Pino de Guia da F.C.
PT-001868-A	Apoio do Eixo da Bobina	PE-7415102	Suporte do Parafuso Esticador
SLB-5410693	Fixador do Pino do Eletrodo	SL-2414843	Eletrodo Solda Lateral PE
PI-023074	Barra de Trava da Coluna do Cabeçote Superior	SL-2414892	Cabeçote Superior SL
ET-2418556	Chapa de Acab. Sanfonado Dianteiro (Lado Painel)	SL-2414844	Eletrodo Solda Lateral PP
ET-2418557	Chapa de Acab. Sanfonado Dianteiro Esquerdo	SF-007279	Fixador do Cabeçote Superior

Tabela 3 - Lista de peças que passam pelo processo INT

O método escolhido pelo grupo foi o de dividir as peças em famílias de produtos, ou seja, as peças que tinham os mesmos ou semelhantes processos de produção seriam agrupadas em uma mesma família. A partir disso, cada uma das famílias foi dividida em classes de acordo com o custo final das peças. O custo final envolvia o custo de matéria prima e o custo indireto do processo pelo qual a peça passava. O custo indireto considerou as atividades que, realmente, agregavam valor ao produto e o PCP, através de seu sistema, conseguiu estimar qual era o custo de fabricação por tempo de todos os processos de fabricação envolvidos no projeto. Criaram-se três famílias e três classes de acordo com a seguinte faixa de custo:

Classe A - Peças com custo acima de R\$60;

Classe B - Peças com custo entre R\$20 e R\$60;

Classe C - Peças com custo abaixo de R\$20;

Após essa análise e juntamente com a direção da empresa para possíveis ajustes, construiu-se a tabela 4:

Familia	Classe	Código	Custo		Peça (INT)
			mat. Prima	final	
1	A	PS-249314	52,87	311,26	Cilindro Inferior (Acabamento)
		SL-2421071	36,13	275,38	Cilindro S.L.P.E. (SC-700-II)
		SLP-027269	29,4	266,96	Cilindro S.L. de Polipropileno ***Acab.***
		PT-0225153	34,17	260,72	Cilindro Pressionador (SC-700*Acabamento*)
		PE-2416187	48,28	165,43	Eixo de Tração Superior
		PE-2416188	48,28	153,75	Eixo de Tração Inferior
		PI-2810325	27,03	129,28	Coluna de Guia do Cabeçote Superior
		PE-2416189	18,9	74,96	Eixo dos Anéis Separadores
		PE-020045	24,11	66,27	Eixo de Tração
		PE-025890	24,11	79,17	Eixo de Tração Inferior da Esteira
	B	PE-2415900	15,18	34,6	Tube do Braço (40 x 800)
		PE-2415901	8,25	28,99	Varão de Fixação das Laterais
		SL-2515071	0,59	28,82	Esticador da Corrente SL
	C	PI-5610803	2,5	19,57	Esticador da Correia do Eixo dos Excentricos
		SL-2515072	4,41	28,66	Esticador da Corrente SL
2	A	PI-178102	38,5	113,46	Biela de Acionamento do Cabeçote Superior
		PS-0410342	51,7	92,52	Pente Inferior
		PS-2417369	32,43	65,64	Pente Superior
		PS-218884	6,9	49,5	Bucha de Fixação Expansiva
	B	PE-7415091	34,56	67,95	Mancal da Biela da Esteira
		SL-003342	12,51	29,29	Mancal do Cilindro S.L.
		PT-407502	3,88	11,33	Braço da Balança
	C	ET-2418557	9,79	24,47	Chapa de Acab. Sanfonado Dianteiro Esquerdo
		ET-2418556	9,79	22,99	Chapa de Acab. Sanfonado Dianteiro (Painel)
		PT-001868-A	10,85	21,74	Apoio do Eixo da Bobina
		PS-500144	0,62	14,41	Refilador Lateral
		SLB-5410693	10,84	11,09	Fixador do Pino do Eletrodo
		PI-023074	9,85	10,1	Barra de Trava da Coluna do Cabeçote Superior
		PI-004269	1,55	10,09	Anel de Trava da Coluna Inferior
		PS-2414607	0,25	7,58	Suporte da Fotocelula
		SLB-2015250	0,67	5,24	Suporte do Termo Elemento
		PI-178241	3,37	3,62	Base Esticadora do Redutor
		PT-508262	1,05	1,3	Régua de Encosto da Balança
3	A	SL-2414844	96,2	191,74	Eletrodo Solda Lateral PP
		SL-2414843	49,61	150,55	Eletrodo Solda Lateral PE
		SL-2414892	41,64	145,49	Cabeçote Superior SL
	B	PS-056151	1,24	25,07	Guia da F.C.
	C	PS-084556	1,13	21,86	Suporte do Pente Inferior
		PS-045375	3,31	18,16	Barra Espaçadora dos Tubos do Pente Inferior
		PS-2417088	3,48	12,86	Barra Espaçadora dos Tubos do Pente Superior
		PE-7415319	1,28	12,17	Suporte do Fuso Superior
		PI-5010687	1,68	11,02	Calco da Barra de Trava da Coluna
		PS-056155	0,37	10,52	Fixador do Pino de Guia da F.C.
		PT-049381	1,73	10,44	Braço da Balança Compensadora
		PE-7415115	3,92	10,02	Suporte do Esticador da Corr. Da Biela
		PE-7415102	0,29	9,76	Suporte do Parafuso Esticador
		SF-007279	0,45	6,85	Fixador do Cabeçote Superior
		PT-500572	1,47	5,71	Suporte do Tube Pressionador

Tabela 4 - Lista de peças separadas em famílias e classes

Feita essa primeira análise, o próximo passo foi a identificação dos locais mais apropriados para a implantação dos supermercados, para, posteriormente, elaborar os cartões e os quadros de *kanban*. Após essa definição, haveria um tempo necessário para o abastecimento dos supermercados, antes que o sistema começasse a funcionar. O estudo dos processos foi feito família a família, no entanto, as peças classe C não entraram na análise, visto que para essas peças seria utilizado o *kanban* de sinal.

Para a família 1, observou-se que as peças passavam pelos processos DISC e/ou SERR, em algum momento passavam pelo torno CN40 e, obviamente, pelo processo INT. Portanto, optou-se por colocar um supermercado antes desses 2 últimos processos e 3 quadros de *kanban*: um antes dos processos de corte, um antes do torno CN40 e um antes do processo INT. Definiu-se que as peças fabricadas através da geração de ordens do sistema continuariam sendo enviadas para o chão de fábrica da mesma maneira, no entanto seria dada prioridade para as peças do *kanban*. Isso significa que, quando requisitados, os processos precedentes deveriam deixar de fabricar as peças que estavam fabricando para dar lugar às peças do projeto.

Um exemplo é a peça Cilindro S.L.P.E. (SL-2421071):

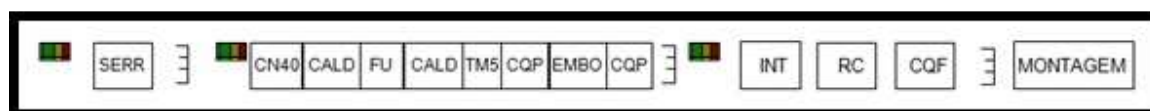


Figura 13 - Sequência de processos com quadros de *kanban* e supermercado da peça SL-2421071

As famílias 2 e 3 não possuíam um processo em comum além dos processos de corte e o processo INT. Nessas famílias, a sequência dos processos pode ser exemplificada pela peça Braço da Balança (PT-407502), segundo a figura 14:

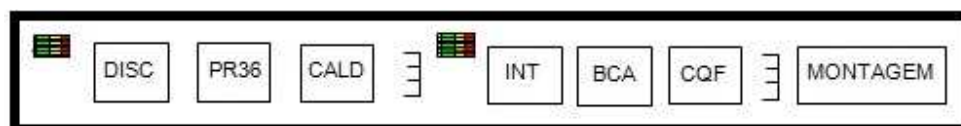


Figura 14 - Sequência de processos com quadros de *kanban* e supermercado da peça PT-407502

Como já mencionado, as peças classe C seriam fabricadas em lotes maiores e, conseqüentemente, teriam supermercados maiores (*kanban* de sinal). Com isso, seria possível suprir a demanda enquanto o próximo lote fosse fabricado. A figura 15, através da peça Braço da Balança Compensadora (PT-049381), mostra como ficaria a seqüência dos processos para essa classe de peças:



Figura 15 - Seqüência de processos da peça PT-049381

O passo seguinte refere-se ao cálculo dos supermercados. Isso significa calcular o número de cartões para cada peça e das faixas verde, amarela e vermelha para os quadros. Calculou-se o *takt time* para cada uma das famílias, levando-se em consideração o tempo disponível de trabalho mensal e a demanda mensal de cada uma delas. A empresa opera 9 horas de segunda à quinta-feira e 7,5 horas na sexta, portanto considerando um mês com 20 dias úteis:

$$\text{Tempo Disponível} = (9 \cdot 4 + 7,5) / 5 = 8,7 \text{ horas/dia} = 174 \text{ horas/mês}$$

A demanda foi calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda} = \text{Somatória de peças da família} \times \text{Demanda mensal da máquina}$$

A demanda mensal do produto HSC-700 foi de 5 máquinas, pois já era esperada essa evolução no número de produtos vendidos. A tabela 5 mostra o valor do *takt time* para as 3 famílias:

	Família 1	Família 2	Família 3
Somatória de peças (peças/máquina)	13	7	4
Takt Time (tempo/peça)	1,5	0,9	0,5

Tabela 5 - Cálculo do takt time

Esse cálculo significa, por exemplo, para a família 1, que a cada 1,5 horas seria necessário que as peças classe A e B fossem fabricadas.

Outro conceito importante para esses cálculos é o do *lead time*. Nesse caso, interessa saber o tempo que uma peça leva para sair de um supermercado e chegar a outro. Essa informação foi obtida por meio de acessos ao sistema da empresa. Um histórico da fabricação de cada peça permitiu o cálculo desses lead times. A partir dessa informação, a quantidade de peças nos cartões para as diferentes faixas do quadro pode ser calculada. A figura 16 mostra os *lead times* da peça PS-239314, que pertence à família 1, ao longo do processo produtivo. Os tempos incluem, também, os tempos de espera:

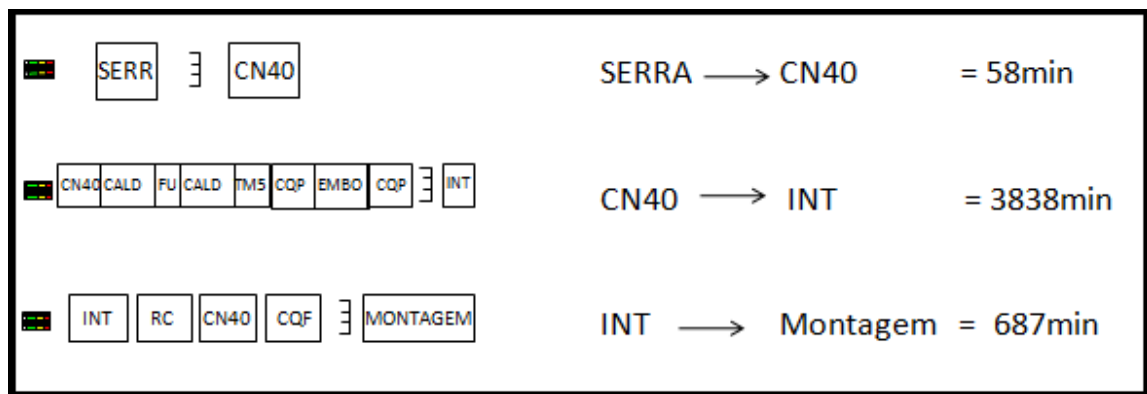


Figura 16 - Lead Times ao longo do processo produtivo

A figura 17 mostra como ficaria a distribuição por cores no quadro de *kanban*:

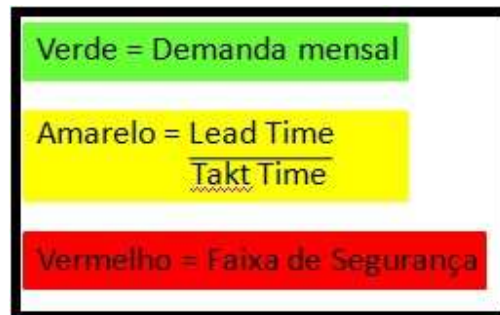


Figura 17 - Faixas do quadro de *kanban*

A faixa de segurança da cor vermelha pode, inicialmente, ser a mesma quantidade de faixa amarela. No entanto, deve haver uma diminuição nessa quantidade com o passar do tempo.

As peças classe C teriam 2 faixas de produção e ficariam no supermercado da montagem. Quando a primeira faixa fosse consumida, o cartão seria disparado para o início do processo para que a produção da peça pudesse ser inicializada. O cálculo para as faixas das peças classe C é mostrado abaixo:

Primeira Faixa = $2 \times (\text{Demanda Mensal})$

Segunda Faixa = $2 \times \frac{\text{lead time}}{\text{takt time}}$

Com todos os cálculos feitos para o dimensionamento dos supermercados e a confecção dos cartões, o ambiente onde seria implementado o projeto também deveria acompanhar a filosofia *Lean*. Juntamente com as reuniões periódicas para mostrar o andamento do projeto, o grupo preocupou-se em evidenciar a importância de um ambiente organizado, que permitisse uma redução no número de acidentes e um aumento da produtividade.

4.4 Resultados

Como resultado desse projeto, 18 quadros de madeira com ganchos de metal para os cartões foram construídos e mais de 400 cartões foram confeccionados para serem utilizados no projeto *kanban*. Os cartões ficaram com o seguinte aspecto:

Código da peça	NOME DA PEÇA		
FOTO	Qtde peças:		
	Máq. A	Máq. B	Máq. C

Figura 18 - Cartão de *kanban*

Além disso, através do programa de 5 S, que a empresa instaurou no início de 2007, foi possível observar uma melhora, tanto na organização, quanto na higiene dos diversos postos de trabalho. O programa iniciou-se como uma filosofia a ser adotada por toda a fábrica e ocorreu uma divisão por setores. O setor de usinagem conseguiu, em pouco mais de 5 meses, melhorar a organização e higiene no chão de fábrica. O departamento de PCP organizou os arquivos em sua sala, tornando-se possível uma melhor visualização das pastas com as ordens de produção. Juntamente com o departamento de projeto da empresa, criou-se uma área específica para a montagem do produto HSC-700. A preparação exigiu que materiais inutilizados fossem descartados e que a área fosse limpa. A área ficou delimitada em uma região do chão de fábrica com espaço para prateleiras, área de sub-montagem, área de entrada e de saída do produto.

O projeto *kanban*, como ficou conhecido na empresa, ao longo de quase 2 anos, foi apresentado aos chefes de produção, de departamento e aos donos da empresa.

Apesar de ter durado quase 2 anos, o projeto não seguiu em frente. Mesmo com a construção dos quadros e a confecção de diversos cartões, a alta direção optou por não implementar o *kanban*. A região da montagem do produto permaneceu para, futuramente, ser utilizada.

5 Conclusão

Os objetivos apresentados no início do trabalho foram atingidos. O estudo possibilitou a análise da implementação do *kanban* em uma empresa que utiliza o MRP como seu sistema de produção e, ainda possui, grande variedade de produtos e demanda inconstante.

Vale ressaltar que, mesmo sem a continuidade do processo de implementação do *kanban*, outra ferramenta da Produção Enxuta foi aplicada. O programa 5 S que durou, aproximadamente, o mesmo tempo que o projeto *kanban*, teve resultado e tornou o ambiente de trabalho mais limpo e organizado.

Ficou clara a dificuldade de se implementar uma ferramenta em um ambiente com alta variedade de produtos e demanda inconstante. O produto escolhido para se iniciar o projeto, apesar de responsável pelo maior número nas vendas, não apresentava uma quantidade significativa, capaz de se aplicar os conceitos anteriormente explicitados. Além disso, o projeto necessitava de uma crença maior por parte dos envolvidos da empresa. Mesmo tendo recebido todo o respaldo para o desenvolvimento do projeto, os membros dos diversos departamentos mostravam-se, muitas vezes, desinteressados e descrentes com o sucesso do mesmo.

Com relação à abordagem híbrida, em que as peças mencionadas na aplicação utilizariam o sistema puxado e todas as demais continuariam utilizando o sistema MRP, não foi possível comprovar o seu sucesso, devido a impossibilidade da implementação do *kanban*.

Dessa forma, conclui-se que o projeto foi válido para a verificação da implementação do *kanban*, no entanto, houve uma falha no que diz respeito à transformação da mentalidade da empresa. Mesmo com reuniões e constantes apresentações, não foi possível fazer com que os envolvidos na empresa ficassem crentes no sucesso do projeto e se empenhassem ao máximo.

Referências Bibliográficas

CHIAVENATO, I. **Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. (2004). **Administração de produção e operações**. São Paulo, Atlas.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N; CAON, M (2008). **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5ª Edição, Editora Atlas.

ESPÍNDOLA, M. A. (1997). **Kaizen em Vendas**. Bacharelado em Análise de Sistemas. Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. (2010). **Planejamento e Controle da Produção dos Fundamentos ao Essencial**. 1ª Edição, Editora Atlas.

GAURY, E.G.A.; PIERREVEL, H.; KLEIJENEN, J.P.C. (2000). *An Evolutionary approach to select a pull system among kanban, cowip and hybrid*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, New York, v. 11, n.2, p. 157-167

GODOY, A.S. **Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades**. Revista de Administração de Empresas, v.35, n.2, p.57-63, 1995.

IMAI, M. (1990). **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. Tradução Cecília Fagnani Lucca. 3ª ed. IMAM.

Lean Institute Brasil Website. Disponível em <http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx> e <http://www.lean.org.br/5_principos.aspx>.

MATTAR, F.N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

MICHEL, P.A.C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção, v.17, n.1, p.216-229, Jan/Abr. 2007.

MOURA JÚNIOR, A. N. C. **Novas tecnologias e sistemas de administração da produção: análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, UFSC, 1996.

NAZARENO, R. R. (2008). **Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e programação da produção com foco na implantação de manufatura enxuta**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

QUELHAS, O (2008). **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo, Elsevier.

RIBEIRO, H. (2006). **A bíblia do 5S**. 2º ed. Salvador, Casa da Qualidade.

ROTHER, M.; HARRIS, R. (2001). **Criando o fluxo Contínuo. Um Guia de Ação para Gerentes, Engenheiros e Associados da Produção**. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

ROTHER, M.; SHOOK, J. (1999). **Aprendendo a Enxergar – Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

SACOMANO, J. B. **Uma análise da estrutura funcional do planejamento e controle da produção e suas técnicas auxiliares**. Dissertação de Doutorado. São Carlos, EESC-USP, 1990.

SELLTZ, C. *et. al.* **Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais**. São Paulo: EDUSP, 1975.

SILVA, T. F. A. (2007). **Estudo sobre Sistema de Medição de Desempenho Baseado nas Ferramentas da Produção Enxuta**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHNEIDER, J. A. (2005). **Implementação de sistema seqüenciado comparado ao tradicional MRP: um estudo de caso em indústria de máquinas agrícolas**. Teses (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

VOLLMANN, T. E. (2005). **Sistemas de Planejamento e Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo, Bookman.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.