

A CONTRIBUIÇÃO DO JUST-IN-TIME E DO SISTEMA DE MANUFATURA FLEXÍVEL PARA AS MANUFATURAS CONTEMPORÂNEAS

THE CONTRIBUTION OF JUST-IN-TIME AND FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM FOR CONTEMPORARY MANUFACTURING

Gerson Luis Borchardt¹

Jackson Ricardo Lino²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a construção de conhecimento através de uma revisão bibliográfica envolvendo os temas Just-in-time e o Sistema de Manufatura Flexível, a fim de verificar suas respectivas origens, fundamentos, aplicações, vantagens e limitações, visando uma análise posterior que desmistifique cada tema e permita uma análise do nível de relação entre estas filosofias e como as mesmas podem contribuir para que as organizações atinjam seus objetivos no cenário atual, marcado pela competitividade e incerteza. O presente trabalho contribuiu para a percepção de que a filosofia japonesa e pilar do Sistema Toyota de Produção conhecida por Just-in time, caracteriza-se por focar a eliminação de desperdícios e estoques, produzindo no momento certo a quantidade requerida pelo mercado. Já o sistema britânico de manufatura flexível, caracteriza-se por enfatizar a produtividade e a repetibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Manufatura Enxuta; Just-in-Time; Manufatura Flexível.

ABSTRACT

This paper aims to build knowledge through a literature review involving themes Just-in-time and Flexible Manufacturing System, to verify their origins, foundations, applications, advantages and limitations, seeking a further analysis Demystify to each theme and provide analysis of the level of relationship between these philosophies and how they can help organizations achieve their goals in the current scenario, marked by competitiveness and uncertainty. This work contributed to the perception that the Japanese philosophy and pillar of the Toyota production system known as Just-in time is characterized by focusing on eliminating waste and stocks, at the right time to produce the required amount by the market. But the British system of flexible manufacturing, characterized by emphasizing productivity and repeatability.

KEYWORDS: Lean Manufacturing; Just-in-Time; Flexible Manufacturing.

¹ Mestrando em Engenharia de Produção pelo Instituto Superior Tupy da Sociedade Educacional de Santa Catarina e graduado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário do Vale do Itajaí. Analista de Processos da Weg S/A. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3911091485609947>.

² Mestrando em Engenharia de Produção pelo Instituto Superior Tupy da Sociedade Educacional de Santa Catarina e graduado em Mecânica: Processos Industriais pelo Centro Universitário de Jaraguá do Sul. Projetista da Weg S/A e professor do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/5312421687861048>.

1 – HISTÓRICO DO JUST-IN-TIME

Em meados do século passado, o Japão estava em fase de reconstrução no pós-guerra. Toyoda e Ohno visitaram o sistema sob o paradigma da produção em massa, criado por Ford no início do século, constatando que este conceito não seria implantado com sucesso no Japão devido a características específicas e carência daquele país. Então, surgiu o Sistema Toyota de Produção, conhecido como *lean manufacturing* ou produção enxuta, termo popularizado no livro “A máquina que mudou o mundo” (Rother, Shook, 2007).

Segundo Lustosa et al. (2008), produção enxuta objetiva a redução do tempo entre o momento do pedido do cliente e o momento da entrega do produto/serviço para ele, obtida pelo controle e eliminação dos desperdícios que não agregam valor.

Na década de 1970, no Japão, surgiu o termo de origem inglesa *Just in Time* (JIT) na empresa *Toyota Motor Company*, que estava em busca de um sistema de administração da produção que possibilitasse coordenar, de forma precisa, a produção com uma demanda de diferentes cores e modelos de veículos com o mínimo de atraso (Corrêa, Gianesi, Caon, 2009). No ocidente este sistema de puxar a produção a partir da demanda ficou conhecido como *kanban* que é um termo japonês dado aos cartões utilizados para autorização de produção ou movimentação de material ao longo do processo produtivo.

Na década de 1990, através do trabalho do *Auto Industry Program* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e do *best seller* baseado nesta pesquisa surgiu o livro *The Machine that Changed the World* (Womack, Jones, Roos, 1991) onde a comunidade industrial internacional pode descobrir mais profundamente às práticas adotadas na empresa Toyota, o termo utilizado pelos autores foi “produção enxuta”.

1.1 – Fundamentos Just-In-Time

Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (2009), o sistema JIT é muito mais do que uma técnica isolada ou um conjunto de técnicas, é sim uma completa filosofia. O JIT tem como objetivos fundamentais a qualidade, a flexibilidade. A atuação para chegar nestes dois resultados dá-se de maneira integrada com um conjunto de características como administração de materiais, gestão da qualidade, layout, desenvolvimento de produto, recursos humanos e outros. A perseguição destes dois objetivos dá-se principalmente por mecanismos de redução de estoques que tendem a camuflar os problemas de produção.

Para Ohno (1997), o JIT significa que as peças chegam a uma linha de montagem na quantidade correta, no momento certo e na qualidade correta, caso a empresa consiga este feito, seu estoque poderá chegar a zero.

Para estes autores, a característica de “puxar” a produção é talvez a principal característica do JIT em relação aos sistemas tradicionais de produção, que normalmente “empurram” a produção, desde a compra de materiais até os estoques de produtos acabados.

Para alguns a filosofia JIT é traduzida como: produção sem estoque, eliminação de desperdício, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas (Corrêa, Gianesi, Caon, 2009).

Segundo Liker e Meier (2007), o JIT é um conjunto de técnicas, princípios e ferramentas que faz com que a empresa possa produzir e entregar produtos em pequenas quantidades, com tempos de atravessamento (*lead time*) curtos atendendo as necessidades específicas dos clientes. De forma bem simples, o JIT entrega os produtos corretos na hora certa e na quantidade exata.

Ainda conforme estes autores, o JIT permite que a empresa corresponda às mudanças diárias de demanda, e isso era o que realmente a empresa Toyota precisava na implantação desta filosofia.

Para entender melhor de uma maneira Liker e Meier (2007) criaram o diagrama “Casa do STP” onde expressa a filosofia do modelo Toyota, em forma de

uma casa, onde para que a casa seja forte o telhado, as colunas e a fundação da mesma devem ser fortes.

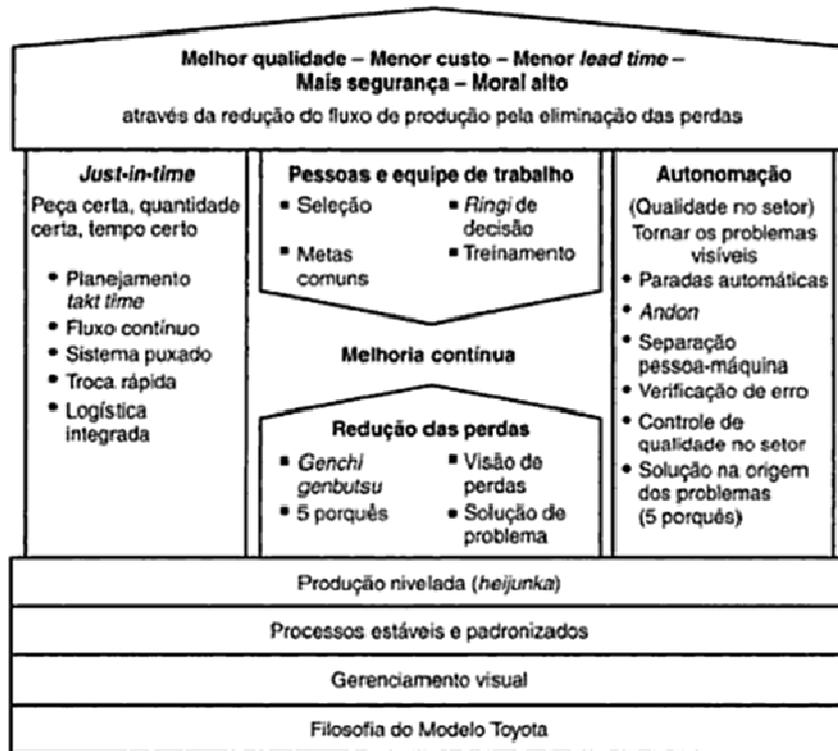


Figura 1 – Casa do STP. Fonte: Liker e Meier (2007, p. 51).

1.2 – Planejamento *Takt Time*

Segundo Liker e Meier (2007), o *takt time* é uma palavra alemã para ritmo ou compasso. O *takt* pode ser usado para determinar o ritmo de produção e para alertar os funcionários quando sua atividade estiver atrasada ou adiantada.

Conforme Rother e Shook (2007), o *takt time* é calculado baseado na frequência em que o ritmo das vendas ocorrem, ou seja, é obtido a partir da divisão do tempo disponível para a produção pela demanda no período.

O *takt time* é um número que serve como referência para avaliação do ritmo em que os produtos devem ser produzidos em cada processo ou estação de trabalho.

1.3 – Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo significa que é produzida uma peça de cada vez, e cada item é passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma interrupção ou parada entre eles. É o modo mais eficiente de produzir (ROTHER e SHOOK, 2007).

Para Liker e Meier (2007), com o fluxo unitário de peças, são colocadas em ação inúmeras atividades para eliminar todas as perdas. Os benefícios do fluxo unitário são os seguintes: Melhora a qualidade, cria flexibilidade real, maior produtividade, libera espaço físico, aumenta a segurança, estimula a moral dos colaboradores e reduz custos de estoques.

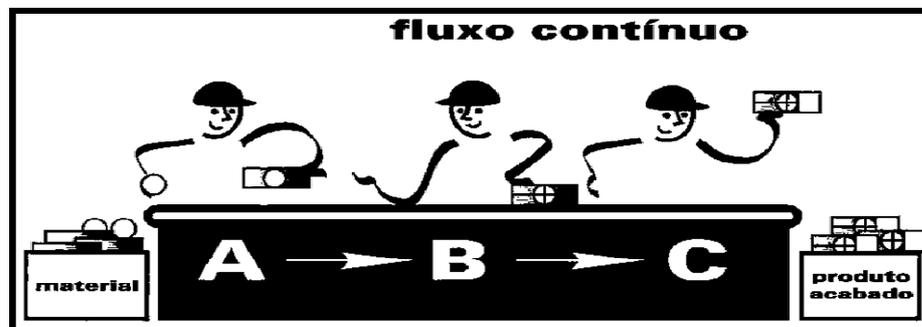


Figura 2 – Fluxo contínuo. Fonte: Rother e Shook (2007, p. 45).

1.4 – Sistema Puxado

Onde o fluxo contínuo não pode ser aplicado é necessário utilizar supermercados para controlar a produção. Para o controle do supermercado são utilizadas técnicas de *kanban*.

Para Ohno (1997) o *kanban* é uma forma para atingir o *Just-in-Time*. O *kanban* torna-se o nervo autonômico da linha de produção e possui regras rígidas para o perfeito funcionamento.

Abaixo a figura dos vários tipos de *kanban* que podem ser utilizados para o controle do supermercado

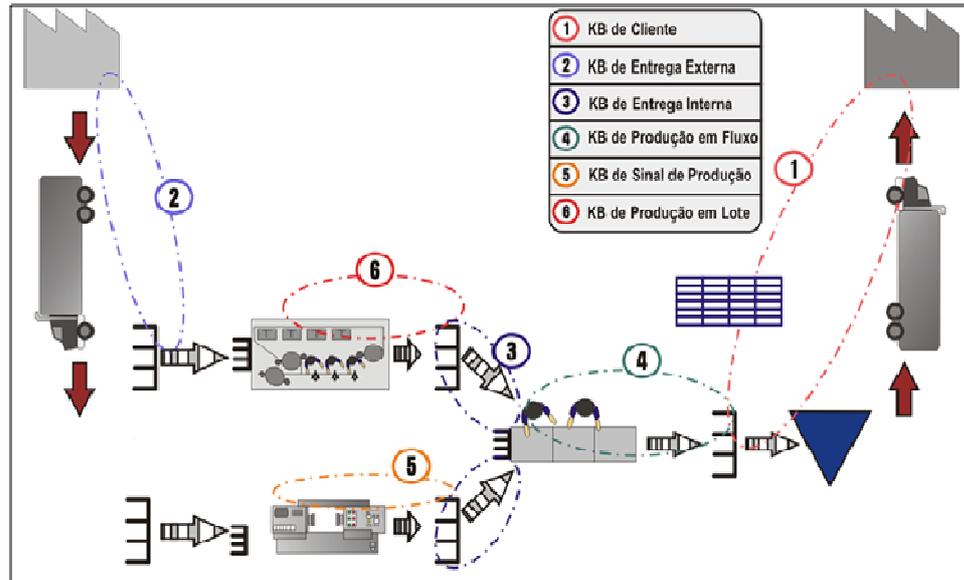


Figura 3 – Tipos de *Kanban*. Fonte: Adaptado de Coimbra (2009, p. 255).

1.5 – Troca Rápida de Ferramentas

Conforme Shingo (2000) o *Setup* ideal seria quando não se precisa dele, porém, enquanto ainda precisar o uso do mesmo, deve ser estruturado para se realizar em apenas um único toque.

De acordo com Ohno (1997), no começo, a idéia era reduzir o tamanho do lote e nivelar a produção. Desta forma, a produção em massa de itens isolados, colocava uma demanda muito pesada em uma máquina. A máquina não podia parar para efetuar trocas de ferramentas, com isso necessitaria efetuar lotes grandes sem parar, e isso era senso comum. Como nivelar significa reduzir o tamanho dos lotes aos menores valores possíveis, significa que estava instalado um problema nesta área, que foi possível melhorar a partir do uso de técnicas de troca rápida.

Shingeo Shingo criou o SMED (*Single-Minute Exchange of Die* ou Troca Rápida de Ferramentas – TRF) onde uma das premissas é realizar o *setup* em menos de 9 minutos e 59 segundos (SHINGO, 2000).

Para Rother e Shook (2007) o nivelamento significa distribuir a produção de vários produtos de maneira uniforme durante um período de tempo sem fazer agrupamentos visando diminuir a quantidade de *setup*. Quanto mais nivelado o mix

de produtos no processo puxado, mais apta estará a empresa para responder as diferentes demandas dos clientes.

Hora Produção ► Produto ▼	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A								
B											B	B	B	B	B			
C																C	C	C

Figura 4 – Mix de produção tradicional. Fonte: Adaptado de Ohno (1997).

Hora Produção ► Produto ▼	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
A	A		A		A		A		A		A		A		A		A	A
B		B				B				B				B			B	
C				C				C				C						

Figura 5 – Mix de produção nivelada. Heijunka Box (caixa de nivelamento). Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

1.6 – Logística Integrada

A integração de todos os processos é de suma importância para o JIT. Liker e Meier (2007) sugerem o uso de uma ferramenta que é o mapeamento de fluxo de valor, onde é possível avaliar os fluxos de informações e de material de forma a enxergar toda a empresa e com isto integrar toda a cadeia em busca de um fluxo contínuo.

Na figura abaixo é possível enxergar um modelo de gestão de fluxo, onde a logística está integrada e os supermercados fazem o elo entre os processos que não estão em fluxo contínuo.

TFM – Total Flow Management Model

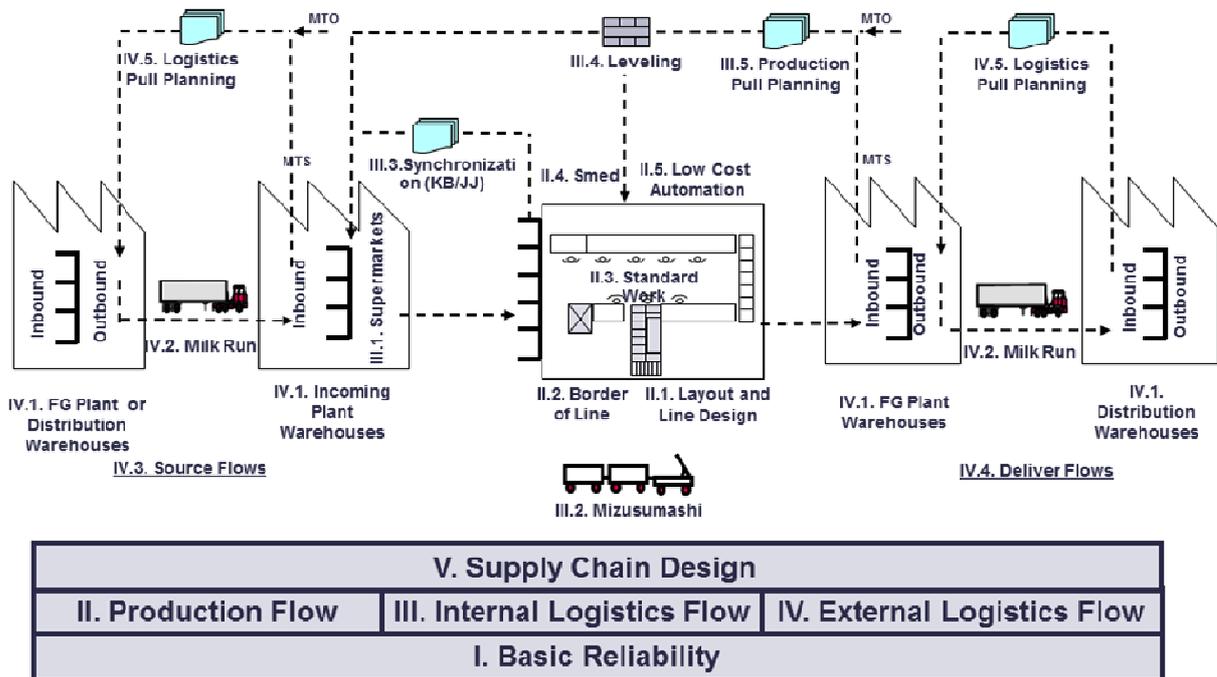


Figura 6 – Mix de produção tradicional. Fonte: Coimbra (2009, p. 34)

1.7 – Aplicabilidade, Vantagens e Limitações do JIT

Conforme Liker e Meier (2007), o Sistema Toyota de produção tem sido aplicado em empresas de manufatura do mundo todo, e tem crescido o interesse no STP ou “produção enxuta”. As empresas experimentam extraordinárias melhorias nas fábricas, e é possível notar a perspectiva de aplicação dos princípios enxutos através das reações de três categorias de pessoas: Entusiastas enxutos, executivos responsáveis pelas decisões e pessoas comuns.

As vantagens de implantar o JIT são muitas, dentre as quais Corrêa e Corrêa (2004), destaca:

a) Qualidade: Controle do processo, visibilidade da qualidade, disciplina da qualidade, paralisação das linhas, correção dos próprios erros, inspeção 100%, lotes pequenos, organização e limpeza da fábrica, excesso de capacidade e verificação diária dos equipamentos;

b) Flexibilidade: Com a redução tempos de preparação e a melhoria contínua a empresa fica flexível à mudança internas (desenvolvimento de novos produtos) e externas (variações de demanda).

Uma limitação do JIT é que a busca de redução de estoques pode comprometer a entrega dos produtos aos clientes quando ocorrer imprevistos como greves, interrupções de fornecimento de fornecedores ou outros imprevistos.

2 – SISTEMA DE MANUFATURA FLEXÍVEL (SMF)

O conceito é creditado a David Williamson, engenheiro britânico empregado por Molins durante meados da década de 1960. Molins solicitou uma patente para a invenção, que foi concedida em 1965. O conceito foi chamado de System 24, pois se acreditava que o grupo de máquinas-feramenta que compunham o sistema poderia funcionar 24 horas por dia. Atualmente, o sistema é conhecido por sistema flexível de manufatura ou SMF (do inglês *flexible manufacturing systems* ou *FMS*).

Um dos primeiros, sistemas flexíveis de manufatura instalados nos Estados Unidos foi um sistema de usinagem na década de 1960. Os sistemas flexíveis de manufatura também foram instalados em outros países ao redor do mundo como Alemanha em 1969, na URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, atual Rússia) em 1972. O primeiro SMF japonês foi instalado por volta de 1985.

Dias (2011) define célula de manufatura flexível como um agrupamento de pessoas e processos em uma área específica dedicada à produção de uma família de peças ou produtos. Uma célula de manufatura flexível é uma célula de trabalho que faz utilização de um elevado grau de automação e integração, como uma arquitetura que integra diversos sistemas de controle, tais com transportadores, robôs e centro de usinagem.

A manufatura flexível é considerada uma proposta de solução da produção que pode atender às diversidades nas conformidades e às exigências do mercado, com a garantia de obtenção de uma melhor qualidade do produto e de

respostas rápidas ao mercado (SEVERIANO FILHO, 1999). Um FMS é uma configuração controlada por computador de estações de trabalho semi-independentes, conectadas por manuseio de materiais e carregamento de máquinas automatizadas. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, P. 246).

2.1 – Fundamentos do Sistema de Manufatura Flexível

Segundo Campos (2010), para que possa responder efetivamente à variedade de produtos, de níveis de produção, de prazos de entrega e ainda manter o desempenho nas incertezas um SMF tem de atender algumas necessidades, de onde pode-se retirar suas principais características:

- flexibilidade na troca de peças em produção;
- flexibilidade nas mudanças de produto (longo prazo);
- flexibilidade nas montagens de máquinas (*set-up*);
- flexibilidade nas flutuações no volume;
- flexibilidade nas falhas de funcionamento;
- flexibilidade nos erros de previsão.

Para ser considerado flexível, um sistema de manufatura precisa satisfazer a vários critérios. A seguir, apresenta-se quatro testes razoáveis de flexibilidade em um sistema de manufatura automatizado:

- 1) teste de variedade de peças – o sistema pode processar diferentes tipos de peças em um modo não lote?
- 2) teste da mudança de programa – o sistema pode aceitar imediatamente mudanças no programa de produção, ou seja, alterações no mix de peças e/ou nas quantidades?
- 3) teste da recuperação de erros – o sistema pode se recuperar tranquilamente de falhas de equipamentos e paralisações, de modo que a produção não seja completamente interrompida?
- 4) teste de novas peças – novos projetos de peças podem ser introduzidos no mix de produtos existentes com relativa facilidade?

2.2 – Classificações do sistema de manufatura flexível

Conforme Groover (2011), os sistemas flexíveis de manufatura podem ser distinguidos de acordo com os tipos de operações que realizam: operações de processamento ou operações de montagem. Um SMF normalmente é projetado para executar uma ou outra, mas raramente ambas.

Outra maneira de classificar os sistemas flexíveis de manufatura é pelo número de máquinas:

- a. célula de máquina única – nesta, o critério de recuperação de erros não pode ser satisfeito porque, se a única máquina quebrar, a produção para.
- b. célula flexível de manufatura – possui duas ou três estações de processamento conectadas mecanicamente e satisfaz os quatro testes de flexibilidade já discutidos.
- c. sistema flexível de manufatura – possui quatro ou mais estações de trabalho.

Pode contar com estações de trabalho não processadoras que apóiam a produção, mas não participam dela diretamente. Essas outras incluem estações de lavagem de peças, máquinas de medição por coordenadas e assim por diante.

Quanto ao nível de flexibilidade, os SMF pode ser do tipo dedicada e de ordem aleatória:

- a. dedicada – o SMF dedicado é projetado para produzir uma variedade limitada de tipos de peças, e o universo completo de peças que serão fabricadas no sistema é previamente conhecido. A família de peças provavelmente deve ser baseada na uniformização do produto em vez de na semelhança geométrica. Como o projeto do produto é considerado estável, o sistema pode ser elaborado com certo grau de especialização de processo para tornar as operações mais eficientes.
- b. de ordem aleatória – o SMF de ordem aleatória é mais apropriado quando: a família de peças for grande; houver variações substanciais na configuração das peças; novos projetos de peça forem introduzidos no sistema e alterações de engenharia ocorrerem nas peças atualmente produzidas. Ele é equipado com máquinas de uso geral para lidar com as variações do produto e é capaz de processar peças em várias seqüências (ordem aleatória).

Desse modo percebe-se que a flexibilidade deve ser antes de tudo uma filosofia de trabalho, compreendendo desde o nível mais alto da gestão de negócios e planejamento estratégico de uma empresa, até o nível mais elementar e operacional do *hardware* e da maquinaria presente no chão-de-fábrica (Nampring and Punglae, 2005 e Das, 2001). Portanto, não são apenas máquinas que estão envolvidas nesse conceito, é um problema conjuntural envolvendo homens e equipamentos dentro de uma filosofia de equipe e de visão para os rumos do negócio. O sistema FMS enfatiza a necessidade de produtividade e redução dos ciclos e de sistemas.

2.3 – Aplicabilidade

Para Groover (2011), um SMF se baseia nos princípios da tecnologia de grupo (TG). Nenhum sistema de manufatura pode ser completamente flexível. Existem limites para a gama de peças ou produtos que podem ser feitos em um SMF.

O sistema flexível de manufatura é capaz de processar uma variedade de tipos de peças diferentes simultaneamente nas diversas estações de trabalho, e a mistura de tipos de peças e as quantidades de produção podem ser ajustadas em resposta às mudanças de demanda. O sistema flexível é mais adequado para a faixa de produção de variedade média e volume médio. O processo de usinagem é a maior área de aplicação para a tecnologia SMF.

Embora a tecnologia SMF seja mais aplicada em operações de usinagem, é utilizada em outras aplicações, como prensagem de chapas de metal, forjamento e montagem, com muitos benefícios.

- Maior utilização das máquinas – em função do funcionamento das máquinas 24 horas por dia, troca automática de ferramentas, por exemplo. É possível atingir de 80 a 90 por cento de utilização de recursos.
- Menos máquinas necessárias – devido à maior utilização das máquinas.
- Redução do espaço necessário no chão de fábrica – as reduções das necessidades de espaço de chão são estimadas entre 40 e 50 por cento.

- Maior capacidade de resposta a mudanças – podem ser feitos ajustes no programa de produção de um dia para o outro em resposta a pedidos urgentes e solicitações especiais de clientes.
- Necessidades reduzidas de estoque – como peças diferentes são processadas juntas, em vez de separadas em lotes, o trabalho em processo é menor do que em um modelo de produção em lote.
- Prazos de manufatura menores – isso representa entregas mais rápidas ao cliente.
- Menor necessidade de trabalho direto e maior produtividade de trabalho. Um FMS pode resultar em economias de trabalho da ordem de 30 a 50 por cento.
- Oportunidade para produção autônoma – o alto nível de automação em um sistema flexível de manufatura permite que opere por períodos extensos de tempo sem assistência humana.

2.4 – Aspectos do planejamento e projeto do SFM

Groover (2011) alerta para algumas premissas que devem ser consideradas no momento do projeto de um SFM:

- Qualquer sistema flexível de manufatura precisa ser projetado para processar uma faixa limitada de tipos de peças ou produtos.
- O tamanho e o peso das peças determinam o tamanho das máquinas nas estações de trabalho e o tamanho do sistema de manuseio de material que precisa ser usado.
- As quantidades produzidas pelo sistema determinam quantas máquinas de cada tipo serão necessárias.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expressão *Just-in-time* surgiu no Japão na década de 1970, como um pilar do Sistema Toyota de Produção, com a premissa de ser um sistema de produção que atendesse as necessidades de qualidade e flexibilidade da época. Isso significava uma postura diferenciada já para aquela época, quando as

industriam produziam para estoque, sendo que o sistema proposto acionaria a produção a partir das solicitações do mercado. Era a produção “puxada”.

A proposta do JIT era de que as peças chegassem a uma linha de montagem na quantidade correta, no momento certo e na qualidade correta. Caso a empresa consiga este feito, seu estoque poderá chegar a zero. Para tal, a fábrica deveria estar apta a operar num ritmo excelente, com fluxo produtivo contínuo (sem paradas), que otimizasse o espaço físico ou tivesse no máximo pequenos estoques ao longo da linha produtiva, além da eliminação de *setup's*.

Em nível organizacional o JIT busca integrar um conjunto de características como administração de materiais, gestão da qualidade, layout, desenvolvimento de produtos, recursos humanos e outros, objetivando um fluxo contínuo em toda a cadeia de valor, incluindo áreas de apoio a produção e fornecedores, para que a empresa corresponda às mudanças diárias de demanda.

Alerta-se para a limitação do JIT, que na busca de redução de estoques acabar comprometendo a entrega dos produtos aos clientes quando ocorrer imprevistos como alteração drástica da demanda ou greves, o que permite remetermos a questões de mercado e cultura local.

O Sistema Flexível de Manufatura por sua vez, apareceu no Japão somente em 1985, embora vinha sendo utilizado em outros países da Europa e EUA, com os benefícios de permitir o processamento de uma variedade de tipos de peças diferentes simultaneamente (pertencentes a uma família de peças), integrando diversos sistemas de controle, tais com transportadores, robôs e centro de usinagem, atendendo às diversidades nas conformidades e às exigências do mercado, com mínima ocupação de espaços físicos para máquinas e equipamentos.

Embora o sistema flexível de manufatura permita tais benefícios, por vezes similares aos obtidos com o JIT, o mesmo sistema apresenta limitações como o fato de que nenhum sistema de manufatura pode ser completamente flexível, o que exige um projeto de sistema para se processar uma faixa limitada de tipos de peças ou produtos, além do sistema de produção flexível não ser adequado para elevados volumes de produção.

Tanto JIT quanto SFM podem contribuir muito com a manufatura atual, mas dependem muito da cultura organizacional e das características do produto e da empresa, especialmente o SFM. O JIT apresenta-se mais abrangente, integrando todos os processos da empresa e fornecedores, com foco na melhoria contínua e na eliminação de qualquer desperdício e estoques, num cenário onde o cliente é o “senhor” da fábrica. O SFM apresenta-se voltado à produtividade e repetibilidade no chão de fábrica e depende grandemente da variabilidade de nível médio dos produtos, elevado nível de produção e altos investimentos em automação.

4 – REFERÊNCIAS

CAMPOS, L.D.F. de. Estudo Comparativo dos Sistemas de Manufatura Ágil, Flexível e Enxuto. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. Anais... , Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART162.pdf. Acesso em 10 de maio de 2012.

COIMBRA, E. A. *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. 1. ed. Kaizen Institute Consulting Group Ltd, 2009.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Atlas, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

DIAS, S. Projeto Conceitual de uma Célula Flexível de Manufatura para Acabamento de Instrumentos Cirúrgicos. 2011. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GROOVER, M. *Automação Industrial e Sistemas de Manufatura*. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

LIKER, J. K.; MEIER, D. *O Modelo Toyota: Manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LUSTOSA, L. *et al. Planejamento e Controle da Produção*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

SHINGO, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A Máquina que Mudou o Mundo*. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.