

# ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE MANUFATURA ÁGIL, FLEXÍVEL E ENXUTO

**Luiz Dalmir Ferraz de Campos**

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Caixa Postal, 1524 - 13256-000- Itatiba SP – Brasil  
FONE: (011) 7806-1432  
Email: [dalmir@fem.unicamp.br](mailto:dalmir@fem.unicamp.br)  
[dalmir@netwave.com.br](mailto:dalmir@netwave.com.br)

## **ABSTRACT**

*This aim of this paper is to perform a comparison among the Agile, Lean and Flexible manufacturing Systems.*

*Initially it is settled the way the comparison will be made by determining the comparison parameters.*

*Next the main characteristics for the Agile, Lean and Flexible Manufacturing systems are established.*

*Based on the characteristics of each system a table is prepared indicating all the characteristics and their focuses.*

*Then, based on the main focus, the comparison is made pointing out the commonalities between systems and the uniquenesses of each system.*

*Next an appraisal is made of each system against some paradigms for a present-day manufacturing System . Strong and Weak points are highlighted.*

*Concluding we verify that each system means a way to look for the differentiation to obtain competitive advantage.*

6.3 ESTRATÉGIA DA PRODUÇÃO  
PALAVRAS CHAVE: AGILE, LEAN, FLEXIBLE

## **1 – INTRODUÇÃO**

Um estudo efetuado sobre o sistema manufatura enxuto determinou a necessidade de efetuar uma comparação entre os sistemas de manufatura conhecidos como 1- Sistema de Manufatura Enxuto, 2 Sistema de Manufatura Ágil e 3 Sistema de Manufatura Flexível.

A definição dos parâmetros pelos quais eles serão comparados constitui a primeira parte desta monografia.

Uma vez que se tenha estabelecido sobre quais bases se poderá efetuar a comparação parte-se então para uma análise de cada um dos tipos através de pequena revisão da literatura.

É objetivo do presente trabalho comparar as características de cada sistema no sentido de dizer qual é o mais atual tendo em vista os paradigmas de um bom sistema de manufatura

## **2. PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO**

Vejam alguns fatores básicos para caracterizar o mercado de hoje:

- Globalização dos negócios.
- Sofisticação crescente do consumidor.

- Sofisticação crescente das ferramentas de marketing.
- Ênfase na qualidade como critério de compra.
- Velocidade crescente na movimentação das atividades.

Assim podemos começar a elaborar os nossos parâmetros em acordo com a época em que estamos.

Segundo Agostinho (1997) esses parâmetros são:

a) fatores a minimizar:

- ◆ tempo de resposta
- ◆ perdas
- ◆ custo
- ◆ Investimento

b) fatores a maximizar:

- ◆ responsividade ao cliente
- ◆ qualidade
- ◆ flexibilidade
- ◆ valor agregado
- ◆ produtividade
- ◆ utilização de Ativos
- ◆ Satisfação do cliente
- ◆ Integração de dados e informações

c) Outros fatores:

- ◆ controle ambiental
- ◆ responsabilidade pós venda

Esses são os parâmetros adotados como referência.

### 3 – CARACTERÍSTICAS DA MANUFATURA ÁGIL

Agilidade é definido nos dicionários como a capacidade de mover-se rápido, lépido, ligeiro. É claro que isto não é o mesmo que **flexibilidade**, que implica, quando aplicada à manufatura em adaptabilidade e versatilidade. É um fato aceito hoje, que **flexibilidade** é uma necessidade para os mercados competitivos, mas, por si mesma a flexibilidade não produz agilidade. Fixemos portanto que flexibilidade é uma condição necessária hoje em dia, mas não inclui agilidade.

Para entender a manufatura ágil, é necessário nos reportarmos ao relatório do Instituto Iacocca(1991). Ali há três pontos chave:

1- Está emergindo um novo ambiente de competitividade, o qual está agindo como uma força que direciona mudanças na manufatura.

2- A vantagem competitiva será daquelas empresas que tenham desenvolvido a capacidade de responder à demanda por produtos de alta qualidade, e personalizados para o cliente.

3- Para atingir a agilidade que é necessária para responder a essas forças diretrizes e desenvolver as capacidades necessárias será necessário integrar tecnologias flexíveis, com uma força de trabalho que seja altamente especializada, instruída, motivada e habilitada. Isto deve ser feito através de estrutura organizacional e gerencial que estimule a cooperação dentro e entre firmas.

A Manufatura Ágil pode ser considerada como uma estrutura com a qual toda empresa pode desenvolver suas próprias estratégias de negócios e produtos.

A estrutura é suportada por três recursos primários: estruturas inovativas de gerência e organização,- uma base de pessoas especializadas, instruídas e habilitadas - e tecnologias flexíveis e inteligentes.

Conectando esse três recursos primários está a metodologia de integração. A agilidade é atingida através da integração desses três recursos num sistema coordenado e interdependente. Em termos simples, portanto, a manufatura ágil pode ser considerada como a integração de organização, pessoas instruídas e altamente habilitadas, e tecnologias avançadas, para atingir a cooperação, e inovação, em resposta as necessidades de suprir os clientes com produtos personalizados e de alta qualidade.

Listamos a seguir os quatro fundamentos competitivos e as dezoito características de infra-estrutura que caracterizam a manufatura ágil.

O primeiro principio de manufatura ágil é que uma empresa deve ser construída sobre os fundamentos competitivos da - *mudança continua* , *resposta rápida*, *melhoria da qualidade e responsabilidade social*, em termos de ambiente e empregados.

Essas características serão então usadas num sistema de avaliação para a manufatura ideal.

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ mudança contínua</li> <li>➤ resposta rápida</li> <li>➤ melhoria continua da qualidade</li> <li>➤ responsabilidade social com o ambiente</li> <li>➤ responsabilidade social com os empregados</li> <li>➤ foco total no cliente</li> <li>➤ conjunção em todas as atividades;</li> <li>➤ educação continuada para todos os empregados;</li> <li>➤ responsiva ao cliente;</li> <li>➤ capacidades dinâmicas de empreendimentos múltiplos;</li> <li>➤ empregados considerados como um bem vital;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Indivíduos habilitados, trabalhando em equipes;</li> <li>➤ Informação acessível e usável</li> <li>➤ Empregados instruídos e especializados;</li> <li>➤ Arquitetura aberta de sistemas;</li> <li>➤ Projetos de primeira vez certos;</li> <li>➤ Filosofia de qualidade total;</li> <li>➤ Tempos de ciclo curtos;</li> <li>➤ Liderança e preocupação com tecnologia;</li> <li>➤ Integração empresarial;</li> <li>➤ Gerência com capacidade de visão</li> </ul>
--	--

#### **4 . CARACTERÍSTICAS DA MANUFATURA ENXUTA PRINCÍPIOS DA MENTALIDADE ENXUTA**

A Mentalidade Enxuta nos dá um meio de fazer o trabalho mais satisfatório porque nos fornece feedback imediato nos esforços para converter o *desperdício* em valor. E, em contraste com a recente mania dos processos de reengenharia, ela fornece um modo de criar um trabalho novo em vez de simplesmente destruir postos de trabalho em nome da eficiência.

##### **- valor**

Se valor significa algo que tem necessariamente ser agregado a qualquer atividade para que ela mereça ser executada experimentemos ir pela negativa ou seja, vamos verificar quais os tipos de *muda* (desperdício)devemos eliminar.

Taiichi Ono (1988) relata os seguinte tipos de muda encontrados na produção:

- ❖ muda da espera;
- ❖ muda do transporte;
- ❖ muda do movimento desnecessário das pessoas;
- ❖ muda do inventario;
- ❖ muda dos defeitos em produção que causam sucateamento das peças.
- ❖ muda da superprodução acima da demanda;

- ❖ muda do reprocesso de peças devido ao ferramental pobre e ao projeto do produto

### **cadeia de valor**

o conceito primeiro que se pode tirar daqui é o de integração. Integrar atividades, empresas em um fluxo único .

Competir com a *perfeição* no sentido de que se deve buscar melhorias contínuas num processo que não tem fim.

### **Fluxo**

A idéia de fluxo parece ser, ao lado da eliminação do desperdício desnecessário, o tema central da PE.

Fluxo é a execução de tarefas ao longo da cadeia de valor de modo que o produto proceda do projeto, do lançamento da produção, do pedido de entrega e da matéria prima até as mão do consumidor sem paradas, sucateamento ou fluxos reversos.

### **- O puxar**

desde o consumidor final, cada operação comanda o ritmo da anterior

Introduz o conceito de programação up-stream ou seja do fim para o começo.

### **- Perfeição**

- ❖ eliminação do benchmarking:

- ❖ conceito de melhoria continua

Podemos então, resumindo, selecionar os itens considerados fundamentais em

ME:

- ♣ eliminação do muda do movimento desnecessário das pessoas;
- ♣ eliminação do muda da superprodução acima da demanda;
- ♣ eliminação do muda do reprocesso de peças devido ao ferramental pobre e ao projeto do produto
- ♣ eliminação do muda da espera;
- ♣ eliminação do muda do transporte;
- ♣ eliminação do muda de estoques em processo ou qualquer outro tipo de inventário;
- ♣ eliminação do muda dos defeitos em produção que causam sucateamento das peças.
- ♣ eliminação de perdas
- ♣ fluxo contínuo
- ♣ eliminação de fluxos reversos
- ♣ programação nivelada
- ♣ tempo *takt*
- ♣ eliminação de paradas
- ♣ Jit
- ♣ foco no produto
- ♣ ignorar fronteiras( entre empresas), carreiras funções
- ♣ organização por equipes dedicadas a uma tarefa
- ♣ zero erros ou Qualidade Total com poka-yoke;
- ♣ eliminação do benchmarking:
- ♣ conceito de melhoria continua

## **5– CARACTERÍSTICAS DA MANUFATURA FLEXÍVEL**

A manufatura flexível corresponde a algumas características de manufatura que foram incorporadas a partir da década de 80 para que pudesse corresponder a algumas novas exigências:

- ◆ responder efetivamente a momentos de mudança;
- ◆ ter capacidade de assumir novas circunstâncias;

A flexibilidade é necessária para permitir que um sistema de manufatura possa:

- ◆ responder à variedade de produtos, níveis de produção e prazos de entrega.
- ◆ manter o desempenho apesar das incertezas de curto prazo
- ◆ atender no longo prazo a novos produtos, novos mercado e novos concorrentes
- ◆ manter opções para a ignorância decorrentes de ausência de um direcionamento estratégico.

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 sistema flexível tem de atender algumas necessidades, de onde podemos retirar suas principais características. Estamos falando especificamente de:

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

Como seriam as características de um sistema flexível, isto é, capaz de satisfazer as necessidades acima?

Agostinho (1997) conceitua a flexibilidade através de uma expressão matemática :

$$f = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n t_{s_i} Z_i}{t_d} \right)$$

em que podemos destacar os seguintes fatores  
suporte administrativo à operação – que pode, em última análise ser evidenciado pela redução de tempos improdutivo  $t_I$ .

falemos desse tempo improdutivo:

poderá ser:

de **curto prazo** tais como interrupções devidas a:

- ❖ falta de ferramentas
- ❖ tempo de fila
- ❖ inspeção para aprovação de peças por CQ
- ❖ falta de matéria prima
- ❖ falta de trabalho devido a gargalos
- ❖ falta de operadores
- ❖ equipamento em manutenção
- ❖ ajuste de ferramentas

de **médio prazo** (1 mês a um ano):

interrupções devidas a flutuações de carga devida a novos produtos/peças

**longo prazo**(> que 1 ano)

- ❖ preparação para novos produtos

Condições tecnológicas de operação:

A flexibilidade tecnológica está ligada à redução do tempo de setup  $t_s$  de máquina e a frequência  $Z$  de montagem da peça  $i$ .

Os sistemas considerados pouco flexíveis têm outras ferramentas como o emprego de famílias de peças para reduzir o tempo  $t_s$

Podemos usar a relação de características conforme abaixo

❖ minimizar tempo improdutivo por falta de ferramentas	❖ minimizar tempo improdutivo por preparação para novos produtos
❖ minimizar tempo improdutivo por tempo de fila	❖ minimizar tempo improdutivo $t_f$
❖ minimizar tempo improdutivo por inspeção para aprovação de peças por CQ	❖ minimizar os tempos de montagem $t_s$
❖ minimizar tempo improdutivo por falta de matéria prima	❖ minimizar os tempos de transporte
❖ minimizar tempo improdutivo por falta de trabalho devido a gargalos	❖ minimizar os tempos de fila
❖ minimizar tempo improdutivo por falta de operadores	❖ minimizar os tempos de carga/descarga
❖ minimizar tempo improdutivo por equipamento em manutenção	❖ aumentar o tempo disponível $t_d$
❖ minimizar tempo improdutivo por ajuste de ferramentas	❖ sistematizar o a troca de ferramentas
❖ minimizar tempo improdutivo por interrupções devidas a flutuações de carga devida a novos produtos/peças	❖ controlar a programação com computadores

## 6 –COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS MA, ME, MF

Vamos efetuar as nossas comparações com os sistemas dois a dois.

Para facilitar a análise procuramos determinar qual é o foco de cada característica.

O passo seguinte é verificar quais os sistemas que focam cada aspecto e isso nos permite construir a tabela 1

A análise da figura 1 nos revela que cada sistema tem foco em alguns pontos e que existe alguma comunalidade (pouca) entre os três sistemas de manufatura

A MA é o único dos três sistemas a focar o cliente, a necessidade da informação facilmente acessível, a importância do fator humano, a responsabilidade social, e, muito importante, o tempo de resposta.

A ME é a única a focar a necessidade de manter baixo inventário, a necessidade de melhoria continua, a minimização das perdas e a importância do ritmo.

O sistema MF é o único que enfatiza a necessidade de produtividade.

Depois disso temos fatores que são compartilhados por dois sistemas e que são os seguintes: Comuns a MA e MF

Ambos falam de necessidade de redução dos ciclos, e de sistemas

tabela 1 fatores de cada sistema de manufatura

FOCO	MANUFATURA ÁGIL	MANUFATURA ENXUTA	MANUFATURA FLEXÍVEL
CICLO	SIM		SIM
SISTEMA	SIM		SIM
PRODUTIVIDADE			SIM
CLIENTE	SIM		
INFORMAÇÃO	SIM		
RH	SIM		
SOCIAL	SIM		
TEMPO DE RESPOSTA	SIM		
IMPRODUTIVO		SIM	SIM
EQUIPE	SIM	SIM	
INTEGRAÇÃO	SIM	SIM	
QUALIDADE	SIM	SIM	
INVENTÁRIO		SIM	
MELHORIA		SIM	
PERDA		SIM	
PRODUTO		SIM	
RITMO		SIM	

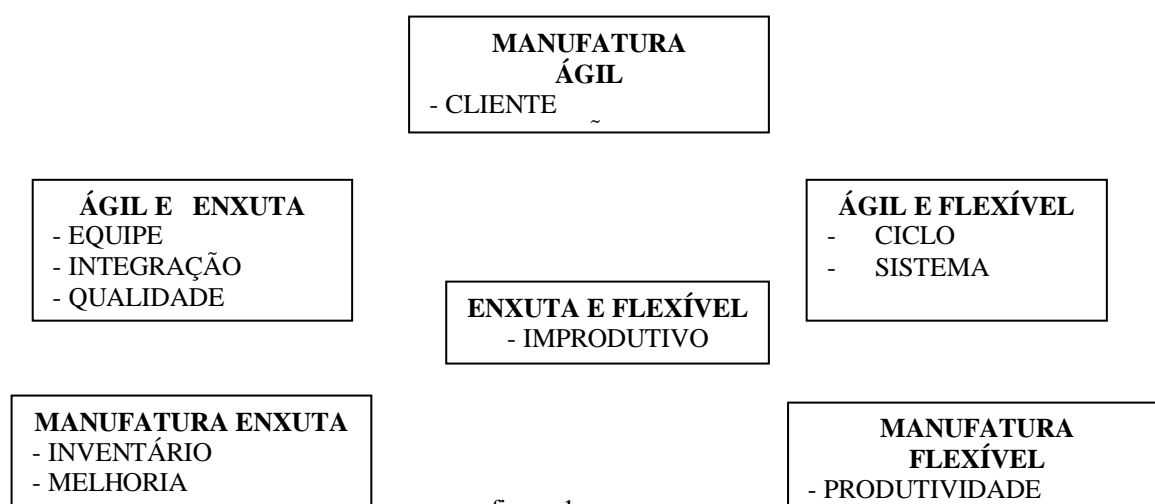


figura 1

Comuns a ME e MF

ME enfatiza a necessidade de eliminar os *mudas* e alguns tipos de muda são os tempos **improdutivos**. MF enfatiza a necessidade de se cuidar dos tempos improdutivo por motivos vários, tais como falta de matéria prima, gargalos, etc.

Com a tabela 2 pretendemos agora efetuar uma comparação entre os sistemas a partir do preenchimento de requisitos considerados fundamentais num sistema de manufatura moderno conforme foi visto na página 2

A MA tem como **pontos fortes** a ênfase na redução do tempo de resposta, na qualidade total, na flexibilidade, e na satisfação do cliente. Seus **pontos fracos** são a não preocupação com as perdas, com custo, com o valor agregado ao produto por cada operação e não mencionar a produtividade.

FATOR	MANUFATURA ÁGIL	MANUFATURA ENXUTA	MANUFATURA FLEXÍVEL
TEMPO DE RESPOSTA	X		X
PERDAS		X	
CUSTO			
INVESTIMENTO	X		
RESPONSIVIDADE AO CLIENTE	X		X
QUALIDADE	X	X	
FLEXIBILIDADE	X		X
VALOR AGREGADO		X	
UTILIZAÇÃO DE ATIVOS		X	X
PRODUTIVIDADE			X
SATISFAÇÃO DO CLIENTE	X		X
INTEGRAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES		X	
RESPONSABILIDADE PÓS-VENDA	X		

TABELA 2

A ME. Para o sistema japonês os **pontos fortes** são justamente a ênfase na redução da perdas, na qualidade pela ênfase no erro zero. A importância que dá à agregação de valor e à integração pela cadeia de valor. Como **pontos fracos** se poderia dizer que não enfatizam a necessidade de se reduzir o custo, mas como a redução de perdas leva à redução de custos atinge-se também essa meta. Não enfatiza a flexibilidade, mas é flexível não foca a produtividade e não foca o cliente, mas como o valor é definido pelo consumidor final, termina-se por produzir apenas o que o cliente quer.

Da MF são **pontos fortes** a ênfase no tempo de resposta curto, na flexibilidade expressa em seus vários aspectos, na produtividade e na satisfação do cliente. Os **pontos fracos** são: perdas, custo, qualidade e integração de dados.

Antes de concluirmos nossa comparação é necessário uma palavra de cautela.

O fato de que um determinado sistema não enfatize esta ou aquela característica não quer dizer que não a possua de forma absoluta.

Seria necessário estudar a fundo empresas e organizações que tenham adotado cada um dos sistemas de manufatura para verificar, se a aplicação dos princípios enfatizados por seus defensores não conduz também a obtenção de outros benefícios ou a adoção de outras características embora não enfatizadas.

## 7 – CONCLUSÃO

A primeira conclusão é que cada um dos sistemas aborda alguns aspectos nos quais são, de certa forma, únicos.

Inicialmente Roos (1995) comparando os sistemas MA e ME afirma que os primeiros dois volumes que foram publicados sobre MA pareciam mais uma lista de compra de boas idéias boas e interessantes. Enquanto isso a ME e já muito robusta pois tem quase 50 anos. foi desenvolvida sem parafernalia tecnológica, tão ao gosto dos americanos mas no entanto é tecnologicamente amigável.

Uma análise das idéias de Kidd (1994) indica isso mesmo. A MA ainda não está madura. Muito teste, muita implementação terão ainda de ser feitos antes de verificarmos aonde MA pode chegar.

Os conceitos de MA têm sido aplicados na indústria eletrônica com alto grau de automação. Este não é o caso da indústria metal mecânica. Embora a automação seja muito importante no processo de usinagem, sua aplicação em material handling tem sido questionada.

MA parece ser antes de tudo uma tentativa dos americanos de assimilar de uma só vez a ME e buscar um salto competitivo que os possa colocar novamente na dianteira em termos mundiais. De fato, Kidd (1994) diz textualmente:

“Como vamos restaurar a nossa (dos americanos) competitividade? Deveríamos adotar ME em todas nossas empresas? Deveríamos imitar os japoneses? Ou deveríamos tentar alguma coisa diferente e melhor?”

Muitos acham que, sem dúvida, deveríamos adotar a ME. Mas, adotando este approach, estaríamos atirando contra um alvo móvel, pois os japoneses não iriam ficar parados esperando ser superados pelas empresas americanas e europeias

Os defensores da MA afirmam que a ME é rígida quanto a variação de volume, o que exige estabilidade de demanda. Isto parece não ser verdade, embora não seja enfatizado pelos defensores da ME.

E quanto a MF poderíamos dizer que é um conceito dos anos 80 e que, como acontece com outros fatores, termina por ser incorporado a todas as empresas.

É necessário lembrar ainda que o objetivo principal é sempre o de adquirir competitividade.

Se, por um processo qualquer as necessidades dos consumidores pudessem ser congeladas em um certo ponto, então a produção em massa seria sempre indicada.

Como isso não é possível, a batalha real é pela competitividade.

nesse sentido qualquer dos três sistemas, se não favorecer a inovação tende a ser superado. Lembrando que competitividade depende de fatores com a **liderança e capacidade de resposta** que dependem de subatributos tais como:

<b>liderança</b>	<b>capacidade de resposta</b>
◆ foco no consumidor	◆ excelência nos processos de negócio
◆ qualidade	◆ Integração das estratégias
◆ planejamento	◆ Capacidade de adaptação
◆ competência centrais	◆ adoção de tecnologia comprovada
◆ melhoria continua de desempenho	◆ ligação com clientes e fornecedores

de certa forma qualquer sistema poderá ser bom se:  
estiver integrado às necessidades atuais dos consumidores;  
estiver em sintonia com os atributos acima.

#### REFERÊNCIAS

WOMACK, J. P. , JONES, D. T. E ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo* São Paulo: Ed. Campus, 1997.

WOMACK, J.P., JONES, D. T. E ROOS, D. *The Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation.* New York: Simon & Schuster, 1996.

OHNO, TAIICHI, *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.

*JIT/TQC.* São Paulo . Editora Atlas S. A.,1993.

ROOS, DANIEL, Agile/Lean: A common strategy for success **Agility Forum**, V. PA95-01, Feb 1995.

WOMACK, J. P. , JONES, DANIEL T., From the Lean Production to the Lean Enterprise **Harvard Business Review** – March April 1994

SHINGO, SHIGEO, *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1989.

DE MAYER, A, Flexibility, the next competitive battle . **INSEAD Working Paper**, v. 86 n° 31, Fontainebleau, 1986.

KIDD, PAUL T., *Agile manufacturing – Forging New Frontiers* .New York: Addison-Wesley Publishers Ltd., 1994.

BOCKERSTETTE, J. A., SHELL, R L., *Time Based Manufacturing*. Norcross, Georgia: Industrial Engineering and Management Press.and Mc Graw-Hill, Inc..1993.

AGOSTINHO, O . L., *Sistemas Flexíveis de Manufatura - Volume I e II* Notas de aula UNICAMP – 1997