UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO ANTÔNIO COELHO

MANUFATURA ÁGIL: UM PASSO À FRENTE DA MANUFATURA ENXUTA

JUIZ DE FORA
2016

JOÃO ANTÔNIO COELHO

MANUFATURA ÁGIL: UM PASSO À FRENTE DA MANUFATURA ENXUTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Professor Doutor, Eduardo Breviglieri Pereira de Castro

Co-Orientador: Professor Doutor, Luiz Henrique Dias Alves

JUIZ DE FORA

2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Coelho, João Antônio .
Manufatura Ágil - Um passo à frente da manufatura enxuta / João Antônio Coelho. -- 2016.
78 p.

Orientador: Eduardo Breviglieri Pereira de Castro
Coorientador: Luiz Henrique Dias Alves
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2016.

1. Manufatura em Massa Atual. 2. Manufatura Enxuta. 3. Manufatura Responsiva. 4. Customização em Massa. 5. Manufatura Ágil. I. Pereira de Castro, Eduardo Breviglieri, orient. II. Dias Alves, Luiz Henrique, coorient. III. Título.

JOÃO ANTÔNIO COELHO

MANUFATURA ÁGIL: UM PASSO À FRENTE DA MANUFATURA ENXUTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 13 de Dezembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

_____

Professor Doutor, Eduardo Breviglieri Pereira de Castro (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Professor Doutor, Luiz Henrique Dias Alves (Co-Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Professor Doutor, Roberto Malheiros Moreira Filho

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, força e luz para poder caminhar sempre com muita ética, determinação e empenho ao longo de minha vida pessoal e acadêmica e também a minha mãe, meu pai, meu irmão, minha avó e meu avô que sempre me apoiaram, incentivaram e me ajudaram ao longo de minha vida não só estudantil, mas também pessoal. E não poderia deixar de agradecer também a minha namorada e aos meus amigos, que sempre estiveram do meu lado, me apoiando, incluindo os amigos de turma que fiz ao longo da faculdade, especialmente o Paulo Henrique Caniato Campos, o Wagner Figueiredo e o Gean Paulo Ferreira. Por fim, agradeço a todos os professores, especialmente aos professores da minha banca de TCC, Eduardo Breviglieri Pereira de Castro, Luiz Henrique Dias Alves e Roberto Malheiros Moreira Filho, pela formação acadêmica sólida, de qualidade, por todo o aprendizado ao longo da faculdade, pelo conhecimento compartilhado e por me orientarem para a conclusão dessa monografia.

RESUMO

Essa monografia faz uma análise e avalia vantagens e limitações do sistema de manufatura ágil. Além disso, faz um estudo sobre o estado da arte da manufatura ágil, comparação com outros sistemas de manufatura, tais como manufatura em massa atual, customização em massa, manufatura responsiva e manufatura enxuta. Para isso, são utilizados estudos de caso e artigos, com uma revisão bibliográfica rica a fim de reforçar a tese e mostrar os ambientes propícios, ferramentas e políticas de gestão da produção necessárias para a implantação de cada um dos paradigmas estratégicos de gestão da manufatura (PEGEM) e o foco principal de cada um desses PEGEMs. Ao final são identificados exemplos de empresas que implantaram a manufatura ágil e os demais PEGEMs.

Palavras-chave: Manufatura Ágil, Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura e Objetivos de Desempenho.

ABSTRACT

This monograph analyzes and assesses the advantages and limitations of the agile manufacturing system. In addition, it makes a study on the state of the art of agile manufacturing, compared to other manufacturing systems, such as current mass manufacturing, mass customization, responsive manufacturing, and lean manufacturing. For this, case studies and articles are used, with a rich bibliographical revision in order to reinforce the thesis and show the favorable environments, tools and production management policies necessary for the implementation of each of the strategic paradigms of manufacturing management (PEGEM) and the main focus of each of these PEGEMs. At the end are identified examples of companies that implemented agile manufacturing and other PEGEMs.

Keywords: Agile Manufacturing, Strategic Paradigms for the Management of Manufacturing and Performance Goals.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....18
FIGURA 2.1 – O POSICIONAMENTO DOS PEGEMS DENTRO DE UMA MATRIZ MUDANÇA NOS PRODUTOS X MUDANÇA NOS PROCESSOS 46
FIGURA 2.2: MODELO QUE RELACIONA ALGUNS PEGEMS EM RELAÇÃO A ALGUNS OBJETIVOS DE DESEMPENHO.....47
FIGURA 2.3: SEGUNDO MODELO QUE RELACIONA ALGUNS PEGEMS E ALGUNS OBJETIVOS DE DESEMPENHO.....48
FIGURA 3.1: A CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA E A MANUFATURA ÁGIL.....67

LISTA DE QUADROS

Quadro nº	Título	Página
2.1 =>	As diferenças entre as Manufatura em Massa, Atual e Precedente	26
2.2 =>	Classificação dos Capacitadores da Manufatura Ágil	54
3.1 =>	Diferenças chave	61
3.2 =>	Diferenças e relações conceituais entre as três eras industriais	63
3.3 =>	Semelhanças e diferenças entre a MA e a MR	65
3.4 =>	Manufatura Ágil versus Customização em Massa – Semelhanças e Diferenças	66

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAD => Computer Aided Design (Projeto Auxiliado por Computador)

CAM => Computer Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)

CM => Customização em Massa

CNC => Computer Numeric Control (Controle Numérico Computadorizado)

CPM => Critical Path Method (Método do caminho crítico)

DFMA => Design For Manufacturing and Assembly (Projeto para manufatura e montagem)

EDI => Electronic Data Interchange (Troca eletrônica de dados)

ERP => Enterprise Resources Planning (Planejamento dos recursos da companhia)

FMS => Flexible Manufacturing System (Sistema de Manufatura Flexível)

JIT => Just In Time

MA => Manufatura Ágil

ME => Manufatura Enxuta

MMA => Manufatura em Massa Atual

MMP => Manufatura em Massa Precedente

MR => Manufatura Responsiva

MRP => Material Requirements Planning (Planejamento das Necessidades de Materiais)

PBC => Period Batch Control (Controle de período padrão)

PEGEM => Paradigma Estratégico de Gestão da Manufatura

SICOPROC => Sistema de Coordenação de Ordens de Produção e Compra

TPM => Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

LISTA DE TERMOS ESTRANGEIROS

Assembly to order => Montagem sob encomenda

Empowerment => Delegação de responsabilidades

et al => Entre outros

Flow-shop => padrão de fluxo unidirecional ou sistema de manufatura com padrão de fluxo unidirecional

Just In Time => estratégia de manufatura ou sistema de controle de produção que tem como objetivo a produção no momento correto

Kaizen => Melhoria incremental

Kanban => SICOPROC do sistema *just in time*

Lay out => arranjo físico das máquinas no sistema produtivo

Lead Time => tempo decorrente entre a notificação de um pedido/necessidade e o fim da produção ou da compra de um material ou da entrega de um pedido

Make to order => Produzir sob encomenda

Make to stock => Produzir para estoque

Marketing => uma função empresarial

Mix => conjunto, grupo, combinação

Poka Yoke => À prova de falhas

Set up => preparação

Sigma => letra grega que indica desvio padrão em relação à média

Takt time => ritmo de produção demandado pelo mercado

Trade off => compensação, “ganho ou perda por fazer uma coisa ao invés de outra”, barganha

World Class Manufacturing => Manufatura de Classe Mundial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 15

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 15
1.2 JUSTIFICATIVA 16
1.3 ESCOPO DO TRABALHO..... 17
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 17
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO..... 19
2. SISTEMAS DE MANUFATURA 20
2.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE MANUFATURA E O CONCEITO DE PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA 20
2.1.1 MANUFATURA EM MASSA ATUAL 24
2.1.2 DIRECIONADORES DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL 24
2.1.3 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL..... 24
2.1.4 CAPACITADORES DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL..... 25
2.1.5 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL..... 25
2.1.6 MANUFATURA ENXUTA..... 26
2.1.7 DIRECIONADORES DA MANUFATURA ENXUTA..... 27
2.1.8 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA..... 27
2.1.9 CAPACITADORES DA MANUFATURA ENXUTA..... 30
2.1.10 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA ENXUTA..... 33
2.1.11 MANUFATURA RESPONSIVA..... 33
2.1.12 DIRECIONADORES DA MANUFATURA RESPONSIVA..... 33
2.1.13 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA RESPONSIVA..... 34
2.1.14 CAPACITADORES DA MANUFATURA RESPONSIVA..... 36
2.1.15 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA RESPONSIVA..... 38
2.1.16 CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA..... 39
2.1.17 DIRECIONADORES DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA..... 40
2.1.18 PRINCÍPIOS DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA..... 41
2.1.19 CAPACITADORES DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA..... 43
2.1.20 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA..... 45
3. MANUFATURA ÁGIL..... 49

3.1 DIRECIONADORES DA MANUFATURA ÁGIL 50
3.2 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ÁGIL..... 52
3.3 CAPACITADORES DA MANUFATURA ÁGIL..... 53
3.4 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA ÁGIL..... 59
3.5 COMPARAÇÕES DOS PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA..... 60
3.6 CASOS EMPRESARIAIS E CRÍTICAS 68

4. CONCLUSÕES 71

REFERÊNCIAS..... 72
ANEXO E – TERMO DE AUTENTICIDADE 78

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No mundo globalizado atual são múltiplos os desafios para as empresas, tais como: clientes exigindo cada vez mais, fortíssima concorrência global, altíssima mobilidade de capital e de tecnologia, grandes avanços tecnológicos e recursos naturais escassos (GODINHO, 2004).

Para enfrentar estes desafios, as empresas estabelecem diversos objetivos de desempenho estratégicos. Os Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura vem evoluindo justamente nesse sentido de incorporar aspectos estratégicos às decisões da manufatura (GODINHO, 2004).

Dentro deste contexto, a monografia tem por finalidade tratar do tema Manufatura Ágil, além de tratar de outros Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura, a saber: Manufatura em Massa Atual, Manufatura Enxuta, Manufatura Responsiva e Customização em Massa. Além disso, a monografia objetiva também fazer análises comparativas entre a Manufatura Ágil e os demais PEGEMs encontrados na literatura que são considerados os principais por Godinho (2004). Para isso, são apresentadas análises das ferramentas e políticas de gestão da produção utilizadas por cada um dos PEGEMs e os objetivos de desempenho principais e qualificadores de cada um. Além disso, são dados exemplos de empresas que utilizam tais PEGEMs e feitas analisas críticas desses casos.

Por fim, para finalizar essa seção são apresentados alguns conceitos importantes para a compreensão da monografia. São eles: sistema de manufatura, sistema de produção industrial, gestão da produção e função produção.

Sistema de Manufatura são sistemas que produzem bens, os quais são geralmente tangíveis. Para o caso de sistemas de produção que produzem serviços, eles são chamados de sistemas de serviços (MARTINICH, 1997).

Sistema de Produção Industrial é o conjunto de elementos humanos, físicos ou procedimentos gerenciais inter relacionados que são projetados com o intuito de gerar produtos finais cujo valor seja superior ao custo incorrido para obtê-los, ou seja, é tudo aquilo que transforma *input* em *output* com um valor agregado superior ao custo de produção (MACCARTHY & FERNANDES, 2000).

Gestão da Produção tem como objetivos administrar os sistemas de produção de uma organização e também é muitas vezes chamado de Gestão da Produção e Operações para abranger também o gerenciamento dos sistemas de serviços (GAITHER & FRAZIER, 2001). Moreira (2001) define Gestão da Produção e Operações como sendo o campo de estudo dos conceitos e técnicas aplicáveis à tomada de decisão na função produção (empresas industriais) ou operações (empresas de serviços).

Função Produção é a responsável pela geração de bens e serviços de uma organização (STEVENSON, 2001). É realizada por um grupo de pessoas responsáveis pela produção de bens e serviços que o negócio oferece aos clientes (DILWORTH, 1993). É definida também como o local onde ocorre a transformação de inputs em outputs (GAITHER & FRAZIER, 2001). A Função Produção pode ser também denominada Função Manufatura em empresas industriais, mais relacionadas a produção de bens (GODINHO, 2004).

1.2 JUSTIFICATIVA

Qualquer estudo científico apresenta um objetivo geral que se desdobra em objetivos específicos, e uma justificativa que apresenta razões que fundamentam a existência da pesquisa. Conforme a classificação de Castro (1977), esta pesquisa pode ser justificada de acordo com três critérios: importância, originalidade e viabilidade.

Um tema de pesquisa é dito importante se está relacionado a algo que divida ou afete uma parcela considerável de um determinado grupo de pessoas (CASTRO, 1977). O estudo detalhado dos PEGEMs em especial a Manufatura Ágil, apresentação de casos de empresas que utilizam cada um dos PEGEMs e comparação entre os PEGEMs é importante, pois contribuirá para um melhor esclarecimento de qual PEGEM é mais adequado para determinado setor de negócios de acordo com características de mercado, demanda, gosto dos clientes, dentre outros aspectos.

Segundo Castro (1977) um tema é tido como original se os resultados tiverem capacidade de superar as expectativas. No que se refere a este tema, ele não é tido como original, pois trata-se de uma monografia teórica, no qual não há resultados práticos esperados, já que não houve estudos dessa natureza.

A viabilidade é dada pela possibilidade de ser realizada a pesquisa levando-se em consideração a capacidade do pesquisador, os recursos financeiros, prazos, informações disponíveis, dentre outros aspectos (CASTRO, 1997). Diante disso, o desenvolvimento da

pesquisa é viável, tendo em vista que é um estudo inteiramente teórico, abrangendo assuntos que são encontrados na literatura de gestão da produção em diversas fontes de pesquisa.

O desenvolvimento dessa monografia tem como intuito esclarecer dúvidas quanto a qual PEGEM é mais adequado para se implantar em determinada empresa ou setor de negócios, conceituar e diferenciar os PEGEMs, mostrar vantagens e fraquezas da Manufatura Ágil e analisar casos de empresas que utilizam cada um dos PEGEMs abordados na monografia.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

A monografia apresenta um estudo sobre Manufatura Ágil, esclarecendo questões relevantes, ferramentas, políticas de gestão da produção, vantagens e desvantagens na implantação desse PEGEM. Para isso, foram utilizados estudos de caso e artigos para trazer um esclarecimento do tema e reforçar a monografia em questão. Além disso, é apresentado um estudo comparativo entre os principais PEGEMs encontrados na literatura, que segundo Godinho (2004) são aqueles que possuem os quatro elementos-chave, a saber: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho. Dessa forma, a monografia apresenta um estudo comparativo dos PEGEMs atuais que são considerados por diversos autores tais como Godinho (2004), Fernandes & MacCarthy (1999) e Booth (1996) como os principais. São eles: Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Enxuta (ME), Manufatura Responsiva (MR), Customização em Massa (CM) e Manufatura Ágil (MA). Importante destacar que a monografia não tratou de nenhuma empresa específica, que foram utilizados dados qualitativos para esclarecer como atingir os objetivos principais e qualificadores de desempenho de cada PEGEM e só foram dados exemplos práticos de empresas específicas para o caso de exemplificar qual utiliza determinado PEGEM, se restringindo a citações do nome da empresa que utiliza o PEGEM e o ramo de negócio a que ela está inserida.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

Objetivo geral: avaliar as vantagens e limitações em um sistema de manufatura ágil, exemplificar empresas que utilizam cada um dos PEGEMs considerados principais e analisar cada caso, de tal forma a esclarecer se realmente faz sentido o PEGEM que determinada

empresa está utilizando, de acordo com o estudo abordado ao longo da monografia sobre cada um dos PEGEMs.

Objetivos específicos: fazer um estudo sobre o estado da arte da manufatura ágil, comparar com outros sistemas de manufatura, tais como manufatura em massa, customização em massa, manufatura responsiva e manufatura enxuta e identificar empresas que implantaram a manufatura ágil.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O trabalho é de natureza básica, onde o principal objetivo é avaliar as vantagens e limitações em um sistema de manufatura ágil, não tratando de nenhuma empresa em específico. Os objetivos são de ordem descritiva e explicativa, esclarecendo dúvidas quanto aos conceitos e aplicações de cada Paradigma Estratégico de Gestão da Manufatura (PEGEM) e os objetivos de desempenho principais e qualificadores de cada um. Para reforçar essa tese foi utilizada uma abordagem qualitativa, através do uso de artigos e estudos de caso. A seguir é apresentada a figura 1 que representa de forma esquemática a metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção.

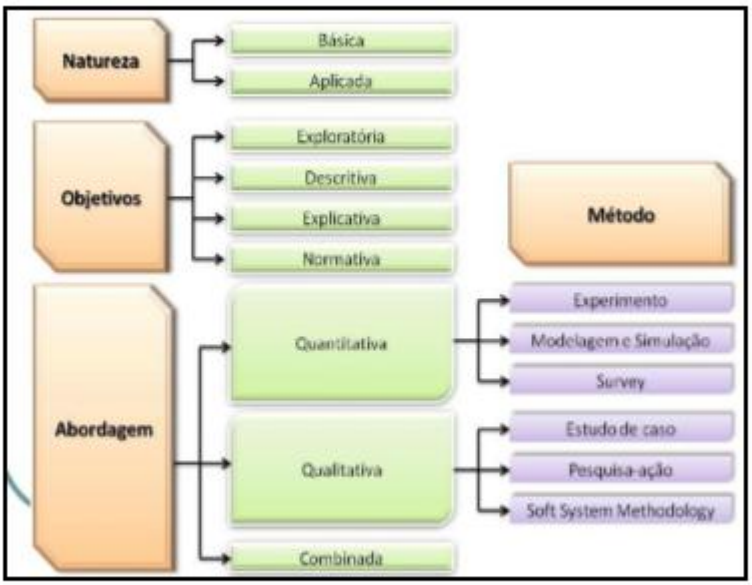


Figura 1 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção
Fonte: Miguel, 2010 (Adaptado)

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, onde foram descritos o tema, os objetivos principais e específicos, a justificativa da escolha do tema, a metodologia utilizada para reforçar a monografia e as limitações do trabalho.

O Capítulo 2 trata dos principais PEGEMs existentes na literatura, passando pelo histórico dos sistemas de manufatura até os dias atuais, destacando características de cada um, vantagens, fraquezas, ferramentas e políticas de gestão adequadas para a implantação de cada um, os objetivos de desempenho principais e qualificadores de cada um e ainda faz um estudo comparativo entre os seguintes PEGEMs: Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Enxuta (ME), Manufatura Responsiva (MR) e Customização em Massa (CM).

O Capítulo 3 aborda o tema Manufatura Ágil (MA), através de descrições desse PEGEM, ressaltando vantagens e desvantagens de sua implantação e análises do estado da arte da Manufatura Ágil, bem como são feitas comparações com os demais PEGEMs e identificadas empresas que utilizam cada um desses PEGEMs como estratégia competitiva.

O Capítulo 4 é a conclusão do trabalho, avaliando as contribuições da monografia e se os objetivos, tanto principal como específicos, foram ou não atingidos.

2 SISTEMAS DE MANUFATURA

O objetivo desta seção é trazer um histórico dos sistemas de produção e manufatura, alguns conceitos importantes que foram padronizados, além de conceituar o termo Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs) e mostrar os conceitos e as características dos PEGEMs relevantes para essa monografia.

2.2 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE MANUFATURA E O CONCEITO DE PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA

Historicamente, as funções básicas da manufatura são a geração do conceito, o projeto, a produção e a montagem. O termo manufatura surgiu através do artesão, que era o responsável por essas tarefas (GODINHO, 2004). Nessa época, a manufatura era conhecida como “Manufatura Artesanal”, que segundo Womack *et al* (1992) tinha como características principais a força de trabalho altamente qualificada, operação de máquinas, ajuste e acabamento, organizações extremamente descentralizadas, emprego de máquinas de uso geral e volume de produção baixíssimo.

A Manufatura Artesanal foi superada pela chamada Manufatura em Massa de Henry Ford. Este novo paradigma, até então, surgiu no início do século XX e tinha várias características que o diferenciava da Manufatura Artesanal, tais como: alta divisão do trabalho, alto grau de repetitividade, e competição baseada na produção de baixo custo, explorando economias de escala. Esta fase é identificada por Godinho (2004) como Manufatura em Massa Precedente (MMP). Ela possui algumas diferenças em relação à chamada Manufatura em Massa Atual (MMA), que será tratada mais adiante nessa monografia.

Na década de 1950, a indústria automobilística Toyota, desenvolveu o chamado Sistema Toyota de Produção, popularizada no ocidente como Produção Enxuta ou Manufatura Enxuta (ME). Esse paradigma apresenta como características que o diferencia dos demais: ênfase na melhoria contínua das operações, diminuição do *set up* das máquinas para que haja redução do lote de produção, aumento na variedade de produtos oferecidos aos clientes e eliminação de desperdícios e retrabalho (GODINHO, 2004).

Com esse paradigma, a Toyota conseguiu resultados expressivos, tais como: grande crescimento da participação tanto no mercado automotivo mundial quanto no de outros

produtos, alta qualidade e baixos custos, que garantiram sucesso e vantagem competitiva, fazendo com que a indústria americana perdesse espaço frente aos produtos japoneses (BUFFA, 1984), como nas palavras de Hayes & Wheelright (1984) *apud* Godinho (2004): ".. no início dos anos 70, as empresas americanas cederam a empresas que competiam em dimensões como produtos sem defeitos, inovações nos processos e pontualidade de entrega. Elas perderam o primeiro lugar tanto no mercado mundial quanto em seu mercado interno."

Godinho (2004) cita que frente a essa perda de mercado por parte das indústrias americanas surgiu um novo paradigma de manufatura, chamado de produção focada ou manufatura focada. Ela surgiu com Skinner (1974) e pregava que as empresas deveriam focar em objetivos específicos e então submeter suas decisões a esses objetivos. Segundo Skinner (1974): "se uma fábrica se concentrar numa combinação de produtos estreita para um nicho de mercado particular, terá um desempenho superior a uma empresa convencional que tenta uma missão mais ampla".

Posteriormente a esse paradigma, Hayes & Wheelright (1984) desenvolveram um novo paradigma, chamado de *World Class Manufacturing* ou Manufatura de Classe Mundial. Segundo Hayes & Wheelright (1984) os principais resultados alcançados pelas empresas e algumas características das que utilizaram esse paradigma são: melhoria na capacidade e nas competências da força de trabalho; competência técnica e gerencial; competição através da qualidade; participação (envolvimento) da força de trabalho, desenvolvimento de máquinas únicas com ênfase na manutenção e melhoria contínua incremental. Flynn *et al* (1999) afirmam que este novo paradigma foi construído através de uma profunda análise de práticas implementadas por empresas japonesas, alemãs e norte americanas, as quais apresentavam performance notável em suas indústrias. Foi aí que surgiu o termo Manufatura de Classe Mundial.

Tanto a Produção ou Manufatura Focada, quanto a Manufatura de Classe Mundial, não serão tratadas com mais detalhe nesse trabalho, por não serem atualmente alguns dos principais paradigmas estratégicos de gestão da manufatura (GODINHO, 2004).

Recentemente, mais precisamente nos anos 1990, surgiram os 3 últimos paradigmas estratégicos de gestão da manufatura que serão tratados em detalhe nessa monografia. São eles: Manufatura Responsiva ("competição baseada no tempo"), Customização em Massa e Manufatura Ágil.

Stalk & Hout (1990) foram quem propuseram a competição baseada no tempo. Segundo Booth (1996), as principais características desse paradigma são a redução no tempo

de produção e desenvolvimento dos produtos e o conseqüente melhor atendimento dos clientes no sentido de ser pontual, entregando o produto no momento desejado pelo cliente, o que traz um ganho em termos de confiabilidade e ainda ganhos em inovação. O termo Manufatura Responsiva (MR) é utilizado por diversos autores, tais como Kritchanchai & McCarthy (1998) e Fernandes & McCarthy (1999).

Godinho (2004) cita que o termo Customização em Massa (CM) surgiu primeiramente em 1987 com Stanley Davis em seu famoso livro "O futuro perfeito" (DAVIS, 1987). Da Silveira *et al* (2001) *apud* Godinho (2004) definem customização em massa como a habilidade de fornecer produtos e serviços projetados individualmente para cada consumidor através da altíssima agilidade, flexibilidade no processo e integração e a um custo perto dos itens feitos pela Manufatura em Massa.

Já o termo Manufatura Ágil (MA) é um termo que surgiu e foi popularizado em 1991 por um grupo de professores do Instituto Laccoca da Universidade de Lehigh, nos Estados Unidos, os quais publicaram neste mesmo ano um relatório (GOLDMAN *et al*, 1991 *apud* GODINHO, 2004). Este relatório se tornou o foco central de estudos da manufatura, pois mostra que um novo ambiente de manufatura está surgindo. Um ambiente caracterizado pela incerteza e por mudanças constantes. O relatório envolveu mais de 150 executivos industriais e descreveu como a competitividade americana se desenvolveria nos próximos 15 anos.

Gunasekaran (1999) afirma que a Manufatura Ágil é um paradigma estratégico que está relacionado a novas maneiras de gerenciar e enfrentar desafios tais como fornecer produtos de alta qualidade e baixo custo, além de resposta rápida a necessidades específicas e em constante transformação. Já De Vor *et al* (1997) definem a manufatura ágil como a capacidade de um produtor de bens e serviços para prosperar em face da mudança contínua. Essas alterações podem ocorrer nos mercados, nas tecnologias, nas relações comerciais e em todos os aspectos da empresa.

Agora, será apresentada a definição do termo Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura bem como os seus principais elementos.

Godinho (2004) define PEGEMs como modelos/padrões estratégicos e integrados de gestão (daí o nome "paradigmas"), direcionadas a certas situações do mercado, que se propõem a auxiliar as empresas a alcançarem determinado(s) objetivo(s) de desempenho (daí o nome "estratégicos"); paradigmas estes compostos de uma série de princípios e capacitadores (daí a denominação "gestão") que possibilitam a empresa, a partir de sua função

manufatura (daí a denominação “manufatura”), atinjam tais objetivos, aumentando dessa forma seu poder competitivo.

A partir dessa definição, Godinho (2004) afirma que um PEGEM é composto por quatro elementos-chave, os quais são os pilares de um PEGEM. Esses elementos são:

- os direcionadores: são as condições do mercado que possibilitam ou requerem ou facilitam a implantação de determinado PEGEM;
- os princípios: são as ideias (ou regras, fundamentos, ensinamentos) que norteiam a empresa na adoção de um PEGEM. Esses princípios representam o “o que” deve ser feito para se atingir os objetivos de desempenho da produção;
- os capacitadores; são as ferramentas, tecnologias e metodologias que devem ser implementadas. Os capacitadores representam o “como” seguir os princípios, alcançando-se dessa forma excelentes resultados com relação aos objetivos de desempenho da produção;
- os objetivos de desempenho da produção: são os objetivos estratégicos da produção relacionados a cada PEGEM.

Conforme apresentado anteriormente, a Manufatura Focada e a Manufatura de Classe Mundial não serão tratadas em detalhe nesse trabalho. Segundo Godinho (2004), esses sistemas de manufatura sequer podem ser considerados PEGEMs por não possuírem todos os elementos-chave apresentados acima. Além disso, a Manufatura Artesanal e a Manufatura em Massa Precedente (MMP) também não serão tratadas com mais detalhes, uma vez que, segundo Godinho (2004) são sistemas de manufatura atualmente desprezíveis com relação a sua utilização e a falta de perspectiva de aumento de sua utilização.

Portanto, foram tratados com mais detalhes nessa monografia e são considerados como Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura: Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Enxuta (ME), Manufatura Responsiva (MR), Customização em Massa (CM) e Manufatura Ágil (MA). Nas próximas seções desse capítulo apresentaremos os conceitos, bem como os elementos-chave dos paradigmas MMA, ME, MR e CM, além de um estudo comparativo entre eles.

2.2.1 MANUFATURA EM MASSA ATUAL

A MMA possui basicamente o mesmo conceito apresentado por Henry Ford no início do século XX para a MMP, tendo também como características: alta divisão do trabalho, alto grau de repetitividade e competição baseada na produção de baixo custo, explorando economias de escala. Porém, ela apresenta algumas diferenças em relação aos elementos-chave: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho da produção. A seguir são apresentados esses elementos-chave da MMA, bem como as diferenças entre a MMA e a MMP.

2.2.2 DIRECIONADORES DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL

Os principais direcionadores da Manufatura em Massa Atual são: Mercado estável (demandas estáveis e previsíveis, necessidades dos clientes facilmente entendidas, clientes desejando basicamente os mesmos produtos, a moda tem pouca influência no gosto dos clientes e inovações tecnológicas muito lentas no setor), clientes buscando produtos com baixo preço e entendendo este como o principal diferencial competitivo e desejando diferenciação (GODINHO, 2004).

Esses são os principais direcionadores da MMA. A seguir são apresentados os seus princípios.

2.2.3 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL

Os principais princípios da Manufatura em Massa Atual são: alta especialização do trabalho, foco em nichos de mercado sensíveis aos baixos preços, padronização dos produtos (baixa diversidade é um dos fatores que caracterizam a manufatura em massa atual (MCCARTHY & FERNANDES, 2000)) e foco na eficiência operacional, buscando alta produtividade (GODINHO, 2004).

Nessa seção foram apresentados os principais princípios da MMA. Na seção seguinte são apresentados os seus principais capacitadores.

2.2.4 CAPACITADORES DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL

Os principais capacitadores da Manufatura em Massa Atual são: utilização de tempos e métodos e estudo detalhado do processo por parte dos trabalhadores, uso intensivo de peças intercambiáveis, sendo este processo utilizado desde a fase de projeto; utilização de máquinas especializadas, ganho em economia de escala devido aos altos índices de produção, fluxo contínuo de produtos, utilização de linha de montagem cadenciada mecanicamente garantindo dessa forma o fluxo contínuo de produtos, utilização de roteiros fixos para a produção dos produtos, *lay out* por produto e padrão de fluxo *flow shop*, além da utilização de planilhas para controlar a produção (GODINHO, 2004).

Esses são os capacitadores da MMA. Na seção seguinte são apresentados os objetivos de desempenho desse sistema de manufatura.

2.2.5 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA EM MASSA ATUAL

O objetivo de desempenho principal da MMA é obter alta produtividade a baixo custo. Esse objetivo é também chamado de objetivo ganhador de pedido (GODINHO, 2004).

Já os objetivos de desempenho secundários, também chamados de qualificadores, são a qualidade e a diferenciação. Nesse sistema de manufatura há uma preocupação quanto à qualidade do produto oferecido para o cliente. Os produtos devem apresentar um bom desempenho a preços aceitáveis para os clientes. Além disso, esses produtos devem atender as necessidades básicas de uso dos clientes. Godinho (2004) afirma que há uma “preocupação em fazer certo pela primeira vez”. Quanto à diferenciação, os produtos podem apresentar diferenças com relação às cores e tamanhos nesse sistema (GODINHO, 2004).

O quadro 2.1 mostra as principais diferenças entre a MMP e MMA.

Quadro 2.1: As diferenças entre as Manufatura em Massa, Atual e Precedente

ELEMENTOS CHAVE DO PEGEM	Manufatura em Massa Precedente	Manufatura em Massa Atual
Direcionadores	diferenciações não são buscadas pelos clientes	clientes buscam algum grau de diferenciação
Princípios	gerentes "pensam", operários "executam"; alto grau de integração vertical; longos ciclos de vida dos produtos	não há divisão rígida entre o gerente "que pensa" e o operário "que realiza"; não há necessariamente preocupações de integrações verticais e ciclo de vida dos produtos não são tão longos
Capacitadores	ambientes de produção sem diversidade ou diferenciações	ambientes de produção sem diversidade, porém com um grau pequeno/médio de diferenciação
Objetivos de Desempenho	qualificador: qualidade (somente abordagens do usuário e valor)	qualificador: qualidade (abordagens do usuário, do valor e da produção) e variedade 1

Fonte: Godinho (2004)

Como pode ser visto no quadro acima, a MMA possui diferenças significativas em relação à MMP. A MMA é ainda muito utilizada em diversos setores, como o setor de calçados, por exemplo. A seguir, é apresentado o histórico da ME, conceito e elementos-chave desse PEGEM.

2.2.6 MANUFATURA ENXUTA

A ME é um sistema de manufatura que busca obter o máximo de eficiência operacional (buscar sempre produzir mais com menos recursos, máquinas e equipamentos, esforço humano, tempo reduzido), com a preocupação de melhorar o gerenciamento do relacionamento com clientes, fornecedores e melhoria contínua no desenvolvimento de produtos e nas operações de produção (WOMACK & JONES, 1998).

Seu conceito foi popularizado no ocidente por Womack *et al* (1992), sendo que segundo esses autores, esse sistema de manufatura começou a ganhar mercado de empresas americanas e européias.

Surgiu na década de 50 na Toyota (Japão), onde ficou popularizada como Sistema Toyota de Produção (GODINHO, 2004). Esse sistema surgiu em virtude da produção em massa ser um sistema que não seria eficiente em termos operacionais no Japão, segundo Eiiji

Toyoda e Taiichi Ohno. Os principais motivos que levaram a esse pensamento e ao seu surgimento foram:

- O Japão tinha um mercado interno limitado, que demandava uma vasta variedade de veículos, tornando a produção em massa inviável;

- A força de trabalho nativa do Japão não era propensa a ser tratada como custo variável ou peça intercambiável;

- Naquela época não existiam no Japão trabalhadores temporários que estavam dispostos a enfrentar condições de trabalho precárias em troca de remuneração (trabalhadores-hóspedes), como presentes nas empresas de produção em massa;

- Em virtude da segunda guerra mundial, a economia do Japão passava por sérios problemas.

A seguir são apresentados os elementos-chave da Manufatura Enxuta.

2.2.7 DIRECIONADORES DA MANUFATURA ENXUTA

A Manufatura Enxuta não é adequada para mercados instáveis, imprevisíveis e turbulentos. Muito pelo contrário, trata-se de um PEGEM que consegue bom desempenho em mercados estáveis (SHARP e*t al*, 1999).

Os outros direcionadores estão relacionados às características dos clientes, que desejam qualidade, baixos custos e diferenciação dos produtos (GODINHO, 2004).

Com isso, conclui-se que mercados que desejam produtos customizados, que tem foco em redução do tempo de produção e entregas são os mais adequados para se obter um bom desempenho com a Manufatura Enxuta.

Esses são os principais direcionadores da ME. A seguir são apresentados os seus princípios.

2.2.8 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA

Os princípios da ME encontrados na literatura são: determinar o valor para o cliente, identificar a cadeia de valor, trabalho em fluxo/simplificação do fluxo, produção puxada, busca da perfeição, foco na qualidade, manter o ambiente de trabalho limpo, organizado e seguro, fornecer aos clientes ampla diferenciação de produtos e pouca diversidade,

desenvolvimento e capacitação de recursos humanos, gerenciamento visual e adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto. A seguir são descritos em detalhes cada um desses princípios.

Para o caso de determinar o valor para o cliente Womack & Jones (1998) destacam que é necessário especificar o que o cliente realmente deseja, e que este é o primeiro passo do pensamento enxuto. Destacam ainda que simplesmente oferecer o produto ou serviço de maneira correta pode representar desperdício. Portanto, antes de iniciar qualquer programa de melhoria é essencial saber a fundo as necessidades dos clientes.

O princípio chamado de identificar a cadeia de valor, como o próprio nome diz, está relacionado à cadeia de valor, que é definida como sendo o conjunto de todas as ações específicas para se levar um produto específico a passar por todas as etapas de um negócio. Conhecer a cadeia de valor inteira para cada produto facilita na identificação de onde vem ocorrendo os desperdícios (GODINHO, 2004). Dennis *et al* (2000) e Sullivan *et al* (2002) destacam que a cadeia de valor quase sempre mostra que ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão: (i) muitas etapas criam valor; (ii) outras etapas não criam, porém são inevitáveis com as atuais tecnologias e ativos de produção; (iii) muitas etapas adicionais não criam valor e portanto devem ser evitadas imediatamente.

Com relação ao trabalho em fluxo/simplificação do fluxo, Godinho (2004) e Fernandes (2003c) destacam que de acordo com esse princípio deve-se, após a identificação da cadeia de valor partir para o objeto real, seja ele o projeto, o pedido ou o produto, e jamais deixar que esse objeto se perca do início à conclusão. Destacam também que para conseguir atingir esse objetivo, devem-se eliminar fronteiras entre departamentos, tarefas, profissionais, funções, setores da empresa e criar uma empresa com pensamento enxuto, sendo extintos todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto. No que diz respeito à produção, o fluxo contínuo é realizado de duas formas gerais: i) com a utilização do sistema *Kanban* para conexão de células de produção e ii) através da produção em fluxo unitário (ROTHER & SHOOK, 1998).

A produção puxada é um princípio ligado à capacidade de programar e produzir o que o cliente quer no momento desejado (GODINHO, 2004). Womack & Jones (1998) destacam que deve ser feito simplesmente o que os clientes dizem que precisam, deixando de lado a projeção de vendas. Daí a idéia de que o cliente “puxe” o produto, sempre que necessário, ao invés de empurrar produtos para estoque, como feito na MMA, sendo que muitas vezes esses produtos podem ser indesejados.

A busca da perfeição é tratada por Godinho (2004), Womack & Jones (1998) e Henderson & Larco (2000) que destacam que para ir em direção à perfeição, as organizações devem buscar melhoria radical e/ou incremental. A melhoria incremental é o *Kaizen*, que parte do princípio que a perfeição é alcançada através da melhoria contínua. E a melhoria radical é um salto em direção à perfeição.

O foco na qualidade é um princípio citado por Henderson & Larco (2000) que destacam que a qualidade *seis sigma* é um princípio de extrema importância para a ME, pois é uma ferramenta que tem como objetivo não permitir que defeitos passem adiante em uma linha de produção, por exemplo.

O princípio identificado como manter o ambiente de trabalho limpo, organizado e seguro é tratado por Godinho (2004) que destaca que este princípio auxilia na busca da qualidade de produtos e processos e que o programa 5S é um capacitador relativo a esse princípio.

Para Sharp *et al* (1999) fornecer aos clientes ampla diferenciação de produtos e pouca diversidade é um princípio importante, pois a ME é adequada para mercados que possuem clientes que buscam diferenciação e não está preparada para trabalhar com alta diversificação.

O desenvolvimento e capacitação de recursos humanos é tratado no trabalho de Boyer (1996) que afirma que investir na capacitação e no treinamento de trabalhadores traz ganhos significativos em produtividade e que contribuem para desenvolver o pensamento enxuto dentro de uma organização. Godinho (2004) destaca que este princípio é de vital importância para a ME e conclui que somente trabalhadores capacitados e devidamente treinados conseguem efetuar rodízio de funções, trabalharem em equipe e contribuir na tomada de decisão.

Godinho (2004) destaca também o princípio chamado de gerenciamento visual que segundo ele traz motivação para os trabalhadores, através da informação clara, visível e acessível para estes do volume de vendas e indicadores financeiros.

Para fechar os princípios da ME temos a adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto que é tratada por Henderson & Larco (2000), que destacam que após a transformação enxuta na fábrica, este pensamento deve se expandir para os demais departamentos, áreas, tarefas e setores, atingindo dessa forma toda a organização.

Esses são os princípios que norteiam a ME. A seguir são apresentados os seus capacitadores.

2.2.9 CAPACITADORES DA MANUFATURA ENXUTA

Os capacitadores da ME encontrados na literatura são: mapeamento do fluxo de valor, melhorar o relacionamento com fornecedores, utilização do *kanban*, *kaizen*, ferramentas *poka yoke*, *empowerment*, trabalhar com estratégias de resposta à demanda *make to stock*, *assembly to order* e *make to order 1*, recebimento *just in time*, trabalhar de acordo com o *takt time*, tecnologia de grupo/*lay out* celular com padrão de fluxo *flow shop*, trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote, manutenção produtiva total (TPM), baixos tempos de *set up*, ferramentas de controle de qualidade/zero defeito, 5S, trabalho em equipes, trabalhador multi-habilitado com rodízio de funções, comprometimento dos trabalhadores e da alta gerência, ferramentas para projeto enxuto, utilização de gráficos de controle visuais/medidas de performance e trabalhar com sistemas de produção com alta repetitividade, porém com alta diferenciação de produtos. A seguir são apresentados detalhes de cada um desses capacitadores.

Mapeamento do fluxo de valor trata-se do capacitador da cadeia de valor (DENNIS *et al*, 2000). Rother & Shook (1998) definem mapear o fluxo de valor de um produto como sendo seguir cada etapa do fluxo de produção do produto, considerando desde o consumidor até o fornecedor, desenhando uma representação visual de cada uma dessas etapas no fluxo de material e informação. De acordo com Rother & Shook (1998) deve-se formular um conjunto de questões-chave e desenhar um mapa do "estado futuro" de como o processo deve fluir e que fazer isso repetidas vezes é o caminho para se identificar valor e fontes de desperdício.

Com relação à melhorar o relacionamento com fornecedores Panizollo (1998) afirma que a gestão de relacionamentos externos é de vital importância para a implantação dos princípios enxutos na cadeia de valor. Godinho (2004) afirma ainda que a ME defende uma abordagem cooperativa com os fornecedores da cadeia, visando a eliminação de desperdícios.

Já com relação à utilização do *kanban*, Godinho (2004) afirma que: "na impossibilidade de se trabalhar com fluxo contínuo entre as estações de trabalho, o sistema *kanban* deve ser utilizado como forma de "puxar" a produção, produzindo somente o que for necessário".

O *Kaizen* é um capacitador que aborda a idéia de que a perfeição será atingida através da melhoria contínua e que para isso devem ser utilizados métodos tais como: caixas de sugestões de funcionários e círculos de qualidade, que são discussões sobre como o problema pode ser resolvido (GODINHO, 2004).

Ferramentas *Poka Yoke* trata-se de um capacitador utilizado para prevenir erros no produto e fazer certo da primeira vez, não deixando que erros passem adiante nas etapas de produção (GODINHO, 2004). Isto pode ser feito com a utilização de dispositivos para identificação de erros nas etapas do processo ou até mesmo na fase de projeto.

Empowerment é um capacitador tratado por Henderson & Larco (2000), que afirmam que ele está relacionado à idéia de "delegar decisões para pessoas que estão mais próximas do problema".

Trabalhar com estratégias de resposta à demanda *make to stock*, *assembly to order* e *make to order 1* é um capacitador que está diretamente relacionado a um dos objetivos da ME, que é a redução de estoques, porém devido ao baixo grau de diversidade há formação de estoques, por isso a estratégia *make to stock* também é utilizada (GODINHO, 2004).

Recebimento *just in time* é um capacitador que está relacionado à chegada de materiais, recursos e processos para produção justamente no momento necessário (GODINHO, 2004).

Trabalhar de acordo com o *takt time* é um capacitador tratado por Rother & Shook (1998), que definem *takt time* como sendo o tempo que sincroniza precisamente a velocidade de produção com a velocidade da demanda.

O uso da tecnologia de grupo/*lay out* celular com padrão de fluxo *flow shop* é um capacitador importante, pois a ME, trabalhando em ambientes de produção em massa e repetitivos, é mais adequada para *lay out* celular e de preferência com padrão de fluxo *flow shop*. O *lay out* celular simplifica o fluxo de produção (GODINHO, 2004).

O trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote é um capacitador tratado por Godinho (2004) & Fernandes (2003c), onde segundo eles o tamanho de lote ideal na ME é de uma unidade, mas destacam que na prática isso é praticamente impossível de ser conseguido e que diante disso, um dos capacitadores de suma importância para a ME é buscar minimizar ao máximo o tamanho de lote no intuito de minimizar o número de itens em estoque, além de auxiliar na obtenção de diferenciação de produtos e obter ganhos em qualidade.

A manutenção produtiva total (TPM) é uma ferramenta relacionada com a qualidade que tem como objetivo eliminar a variabilidade do processo devido à quebra não planejada de máquinas. (GODINHO, 2004).

Baixos tempos de *set up* é um capacitador tratado nos trabalhos de Godinho (2004) e Fernandes (2003c), que destacam que tempos de preparação de máquina altos são vistos como desperdício e que, portanto, devem ser combatidos.

Godinho (2004) trata também das ferramentas de controle de qualidade/zero defeito, sendo que segundo ele a ME busca o defeito zero através da ferramenta de qualidade *seis sigma* (3,4 defeitos por milhão) e que para atingir esse padrão de qualidade devem ser utilizadas ferramentas tais como o Controle Estatístico do Processo e Diagramas de Causa e Efeito.

O 5S é um importante capacitador que está relacionado à limpeza e organização do ambiente (HENDERSON & LARCO, 2000).

O trabalho em equipes é uma estrutura de trabalho que no chão de fábrica é facilitada pela utilização do *lay out* celular (GODINHO, 2004).

Trabalhador multi-habilitado com rodízio de funções é um capacitador importante pra ME, pois dentro de uma equipe de trabalho todos os trabalhadores devem ser treinados em várias funções (uns nas funções dos outros) para que haja intercambiabilidade de funções (HENDERSON & LARCO, 2000) *apud* (GODINHO, 2004).

O mesmo pode-se dizer do comprometimento dos trabalhadores e da alta gerência, pois o envolvimento e comprometimento de todos da empresa com os objetivos e problemas é um capacitador fundamental para a Manufatura Enxuta (BOYER, 1996 & GODINHO, 2004).

O uso de ferramentas para projeto enxuto, para eliminar desperdícios desde o início do processo e até mesmo na fase de projeto é muito importante para a Manufatura Enxuta. Um exemplo de ferramenta para eliminar desperdícios desde o projeto é o DFMA (*Design For Manufacturing Assembly*) (GODINHO, 2004).

A utilização de gráficos de controle visuais/medidas de performance é um capacitador tratado por Henderson & Larco (2000), que destacam que para saber o desempenho tanto dos funcionários quanto da empresa, devem ser utilizados gráficos visuais como medidas de performance de custo, de qualidade, de manutenção e de entrega, por exemplo.

Para finalizar, Godinho (2004) trata do capacitador identificado como trabalhar com sistemas de produção com alta repetitividade, porém com alta diferenciação de produtos,

sendo que, segundo este autor, o ambiente de produção mais adequado para a ME é o ambiente repetitivo.

Esses são os principais capacitadores da ME encontrados na literatura. A seguir são apresentados os seus objetivos de desempenho.

2.2.10 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA ENXUTA

O objetivo de desempenho principal (ganhador de pedido) da ME é a qualidade (GODINHO, 2004) e os objetivos de desempenho secundários (qualificadores) são a produtividade e a alta diferenciação dos produtos, sendo este objetivo de extrema importância em termos competitivos (GODINHO FILHO & FERNANDES, 2002a).

Na próxima seção é apresentado o histórico da MR, conceito e seus elementos-chave.

2.2.11 MANUFATURA RESPONSIVA

A Manufatura Responsiva é um PEGEM que enfatiza o tempo como diferencial competitivo (GODINHO, 2004).

Surgiu através da publicação de trabalhos relacionados ao tempo (STALK, 1988; BOWER & HUNT, 1988) e foi primeiramente proposta por Stalk & Hout (1990), que até então a denominavam como competição baseada no tempo.

O termo Manufatura Responsiva surgiu depois, com autores tais como Kritchanchai & MacCarthy (1998) e Fernandes & MacCarthy (1999). Eles afirmam que a MR tem como principais objetivos o tempo, a responsividade, que significa ser rápido e pontual, e a alta variedade de produtos. Godinho (2004) adota esse mesmo conceito.

Handfield (1995) afirma que a competição baseada no tempo envolve toda a cadeia de suprimentos, não se referindo apenas à manufatura em si.

A seguir são apresentados os elementos-chave da Manufatura Responsiva.

2.2.12 DIRECIONADORES DA MANUFATURA RESPONSIVA

Stalk & Hout (1990) analisam que o principal direcionador da Manufatura Responsiva é a utilização do tempo como parâmetro de vantagem competitiva e que para a implantação desse sistema e a obtenção de resultados favoráveis é necessário que os clientes

estejam dispostos a pagar mais caro para obter diferenciais com relação ao tempo, variedade e também responsividade.

Na seção seguinte são apresentados os principais princípios da MR.

2.2.13 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA RESPONSIVA

Os principais princípios da MR encontrados na literatura são: escolher o consumo do tempo como parâmetro crucial em termos de administração e estratégia, utilizando a responsividade como diferencial competitivo, fornecer aos clientes ampla diversidade de produtos, direcionar a empresa para os clientes mais atraentes e sensíveis ao tempo, estabelecer o ritmo da inovação no seu setor industrial, sistema integrado de trabalho em toda a cadeia e estruturado para a simplificação das atividades e eliminação de tempos desnecessários, sincronização da programação da produção e das capacidades na cadeia de suprimentos e área de projetos voltada para reduzir a complexidade dos produtos e para facilitar a manufatura. A seguir são apresentadas explicações, conceitos e alguns detalhes de cada um desses princípios.

Escolher o consumo do tempo como parâmetro crucial em termos de administração e estratégia, utilizando a responsividade como diferencial competitivo é um princípio tratado por Stalk & Hout (1990) que definem como sendo o principal da MR, pois empresas que pegam como principal parâmetro de diferencial competitivo o tempo devem saber com precisão o tempo necessário para fornecer os produtos aos clientes. Essa idéia é reforçada por Handfield (1995), que afirma ainda que toda a empresa deve estar empenhada na redução de tempos de produção e entrega, inclusive o pessoal de vendas, e que essa idéia deve ser seguida por todas as empresas que fazem parte da cadeia de fornecimento. Handfield (1995) reforça ainda que a competição baseada no tempo ocorre de duas formas distintas: redução do *lead time* de projeto, desde o conceito até antes do início da produção (*fast-to-market*) e redução do *lead time* de produção (*fast-to-product*).

Fornecer aos clientes ampla diversidade de produtos é um capacitador tratado por Godinho (2004), que enfatiza que diferentemente da ME, a MR deve oferecer ampla variedade (diversidade) de produtos aos clientes. Na ME o foco é na diferenciação.

Já o princípio conhecido como direcionar a empresa para os clientes mais atraentes e sensíveis ao tempo está presente no trabalho de Stalk & Hout (1990), que enfatizam que para que seja viável a utilização da MR é necessário que uma parcela significativa do mercado

deva ser constituída de clientes que estão dispostos a pagar mais caro para obter responsividade e ganhos em relação ao tempo.

Estabelecer o ritmo da inovação no seu setor industrial é um capacitador tratado por Handfield (1995), onde segundo ele uma empresa responsiva deve preferir inovações incrementais ao invés de inovações radicais, tendo em vista que este tipo de inovação tende a aumentar o *lead time* de projeto.

Sistema integrado de trabalho em toda a cadeia e estruturado para a simplificação das atividades e eliminação de tempos desnecessários é tratado por Stalk & Hout (1990). Stalk & Hout (1990) afirmam que todas as funções de uma organização devem estar integradas entre si e também com as atividades de outras empresas que compõem a cadeia de suprimentos da empresa. Destacam também que todo trabalho que não cria valor, que é desnecessário ou irrelevante deve ser eliminado, a fim de reduzir o tempo de entrega do produto ou serviço.

A sincronização da programação da produção e das capacidades na cadeia de suprimentos é tratada no trabalho de Godinho (2004), que afirma que "a sincronização da cadeia de suprimentos está relacionada à idéia básica de que todos os fornecedores devem realizar entregas coordenadas dos produtos que a empresa cliente irá utilizar". Godinho (2004) enfatiza ainda que as capacidades devem ser sincronizadas entre os níveis das cadeias, pois uma cadeia desbalanceada é propícia ao aparecimento de gargalos produtivos, o que pode tornar inviável o cumprimento dos prazos acordados com os clientes. Godinho (2004) afirma que: "a gestão de capacidade nas empresas depende muito de um correto planejamento e controle da produção".

Pra finalizar os princípios da MR temos a área de projetos voltada para reduzir a complexidade dos produtos e para facilitar a manufatura, onde Handfield (1995) destaca que reduzir a complexidade do produto e a busca constante para facilitar a manufatura logo no estágio de projeto traz consideráveis reduções do *lead time* de projeto e que para conseguir esses resultados é necessário utilizar vários capacitadores, dentre eles: DFMA e engenharia simultânea.

Esses são os principais princípios da MR encontrados na literatura. A seguir são apresentados os seus capacitadores.

2.2.14 CAPACITADORES DA MANUFATURA RESPONSIVA

Os principais capacitadores da MR encontrados na literatura são: metodologias relacionadas a recursos humanos, utilizar medidas de desempenho baseada no tempo, reduzir os tamanhos de lote, capacitadores voltados ao projeto responsivo, organizar o trabalho ao redor da "sequência principal", reduzir ao máximo os tempos de *set up*, manutenção produtiva total (TPM), tecnologia e sistemas de informação voltados para a integração e a maior eficiência nas operações, tecnologia de grupo, trabalhar com sistemas de produção semi-repetitivos; em alguns casos não repetitivos, trabalhar com uma rede de fornecedores confiável com relação aos prazos, trabalhar com fluxo contínuo e sincronizado de trabalho e envolver o trabalhador de chão de fábrica na resolução de problemas. A seguir são apresentados detalhes de cada um desses capacitadores.

Existem várias metodologias de recursos humanos que podem ser utilizadas para contribuir em termos de responsividade para a empresa, dentre elas: desenvolvimento do trabalho em equipe, trabalhadores capacitados para desenvolver várias tarefas, comprometimento da alta gerência, dentre outros (GODINHO, 2004).

Handfield (1995) propõe algumas medidas de desempenho baseadas no tempo para garantir responsividade, dentre as quais: comparar o *lead time* da empresa em relação ao *lead time* médio da indústria e tempo que um recurso espera na fila para ser processado em relação ao tempo total de resposta do sistema. Já Stalk & Hout (1990) propõem outras medidas de desempenho, como segue: 1) relacionado à produção: tempo de ciclo, tempo do giro de estoque e valor agregado como percentual do tempo total transcorrido; 2) relacionado à responsividade ao cliente: quantidade de pedidos entregues na data devida em relação ao total de pedidos dos clientes, diferença entre o prazo que foi estipulado para o cliente e o prazo real cumprido, tempo de resposta; 3) com relação ao desenvolvimento de novos produtos: verificar o tempo decorrido desde o projeto até colocar o produto no mercado (*time to market*); 4) com relação à tomada de decisão: tempo do ciclo de decisão e tempo de espera enquanto a decisão é tomada.

Com relação a reduzir os tamanhos de lote, a MR trabalha com alta variedade de produtos, e para esse tipo de objetivo é interessante utilizar lotes reduzidos de produto (GODINHO, 2004). Handfield (1995) reforça que grandes lotes de produção representam perda de tempo na produção e incorrem em custos desnecessários de estoques e reduzir o tamanho de lote traz ganhos em responsividade para o sistema produtivo.

Já em relação aos capacitadores voltados ao projeto responsivo Godinho (2004) propõe utilizar, por exemplo, DFMA e engenharia simultânea.

Organizar o trabalho ao redor da "sequência principal" é um capacitador encontrado no trabalho de Stalk & Hout (1990), que afirmam que ""sequência principal" é aquela formada pelas atividades que realmente agregam valor para o cliente e que por isso são indispensáveis dentro do processo produtivo, devendo ser identificadas e organizadas em uma sequência clara e bem estruturada".

Reduzir ao máximo os tempos de *set up* é um capacitador tratado no trabalho de Koufteros *et al* (1998), que citam alguns métodos que podem ser utilizados para conseguir redução de tempos de *set up*, dentre os quais: utilização de ferramentas para troca rápida e treinamento dos funcionários para troca rápida de ferramentas. Já Tu *et al* (2001) destacam que os tempos de *set up* devem ser reduzidos, pois são tempos que não agregam valor, representando desperdício, e sua eliminação contribui para o aumento da responsividade do sistema.

Tu *et al* (2001) fazem um estudo também da Manutenção Produtiva Total (TPM), onde destacam que esse capacitador gera resultados importantes em termos de responsividade, pois ele evita que máquinas e processos não confiáveis contribuam para aumentar o tempo de produção dos produtos.

Tecnologia e sistemas de informação voltados para a integração e a maior eficiência nas operações é um capacitador tratado no trabalho de Godinho (2004), que enfatiza que como a MR trabalha com alta variedade de produtos, ela necessita de tecnologias e sistemas de informação que forneçam integração interna, tais como intranet e ERP. Podem ser utilizadas conjuntamente tecnologias que agilizem o processo produtivo, reduzindo o tempo de produção, conforme visto anteriormente.

Já a utilização da tecnologia de grupo na MR é estudada por Tu *et al* (2001), que afirma que ela está relacionada aos seguintes benefícios: redução no tempo de resposta, redução dos tempos e custos do manuseio de materiais, redução de estoques em processo, dentre outros.

Trabalhar com sistemas de produção semi-repetitivos; em alguns casos não repetitivos é um capacitador contido no trabalho de Godinho (2004), que conclui que como a MR é um sistema que trabalha com alta diversidade de produtos, é necessário utilizar sistemas de produção semi-repetitivos ou não repetitivos, pois sistemas repetitivos não conseguem garantir responsividade.

Handfield (1995) faz um estudo do capacitador conhecido como trabalhar com uma rede de fornecedores confiável com relação aos prazos. Segundo Handfield (1995) os fornecedores precisam se envolver o quanto antes dentro da cadeia produtiva para o desenvolvimento de novos produtos, devendo ser avaliados continuamente no intuito de verificar se estão contribuindo dentro do esperado e/ou planejado em termos de responsividade. Fornecedores confiáveis ajudam a diminuir o *lead time* de obtenção de suprimentos, reduzindo o tempo de resposta do sistema de produção (GODINHO, 2004).

Stalk & Hout (1990) destacam que o capacitador conhecido como trabalhar com fluxo contínuo e sincronizado de trabalho ajuda na redução do tempo de ciclo dos processos e traz ganhos em termos de capacidade do sistema produtivo.

Para finalizar o estudo dos capacitadores da MR, recomenda-se utilizar a inteligência dos funcionários na definição e resolução de problemas, principalmente problemas relacionados a projeto e produção, que são os que incorrem mais incisivamente no tempo de resposta ao cliente (GODINHO, 2004). Esse capacitador é conhecido como: envolver o trabalhador de chão de fábrica na resolução de problemas (GODINHO, 2004). Isso contribui para que o sistema de manufatura tenha capacidade de responder mais rapidamente às necessidades dos clientes (MILEN, 1991; HANDFIELD 1995; KOUFTEROS *et al*, 1998; TU *et al*, 2001 *apud* GODINHO, 2004).

Esses são os principais capacitadores da MR encontrados na literatura. A seguir são apresentados os objetivos de desempenho da MR, bem como uma conclusão desta seção.

2.2.15 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA RESPONSIVA

Godinho (2004) destaca que o objetivo de desempenho principal (ganhador de pedido) da MR é a responsividade (velocidade, pontualidade e flexibilidade de curto prazo). Já os objetivos qualificadores são a flexibilidade de longo prazo, alta variedade de produtos (diversidade) e a adaptabilidade (lançar rapidamente novos produtos no mercado), qualidade e a produtividade (GODINHO, 2004).

Conclui-se através dessa seção que a MR é um sistema que tem grande preocupação com o cliente, abrangendo não somente o gosto específico, representado pela alta variedade de produtos oferecida pelo sistema, mas também em termos de atender o cliente dentro do prazo estipulado, pois este é um dos seus diferenciais competitivos, sendo que a MR procura focar em clientes que estão inclusive dispostos a pagar mais caro caso o prazo estabelecido

por eles seja cumprido. Além disso, há também uma preocupação com a qualidade do produto que é oferecido aos clientes, porém com uma ênfase diferente da ME, que tem este objetivo como o ganhador de pedidos.

Na próxima seção é apresentado o histórico da CM, conceito e seus elementos-chave.

2.2.16 CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Godinho (2004) destaca que existe certa dificuldade de diferenciar a Customização em Massa e a Manufatura Ágil na literatura. Isso pode ser comprovado por algumas afirmações de autores que são citadas no trabalho de Godinho (2004), como segue: A Manufatura Ágil é um capacitador da Customização em Massa, ou seja, a Customização em Massa abrange a Manufatura Ágil (DA SILVEIRA *et al*, 2001). Já um segundo ponto de vista entende que a Customização em Massa é somente um dos aspectos da Manufatura Ágil, ou seja, a Manufatura Ágil engloba a Customização em Massa. Autores tais como Goranson (1999); Gunasekaran *et al* (2001); Manthou & Vlachopoulou (2001), dentre outros seguem essa vertente.

Diante desse conflito de ideias, nessa seção é apresentado um estudo teórico da Customização em Massa, identificando a origem do termo e conceitos, suas características, seus elementos-chave e os objetivos de desempenho para encerrar este capítulo e no capítulo seguinte é apresentado um estudo da arte da Manufatura Ágil, também identificando suas características, vantagens e desvantagens com relação a outros sistemas de manufatura, elementos-chave, objetivos de desempenho e empresas que utilizam a Manufatura Ágil. Tudo isso permitiu uma melhor distinção entre a Customização em Massa e a Manufatura Ágil.

O termo Customização em Massa surgiu em 1987 com Stanley Davis no livro “O Futuro Perfeito” (DAVIS, 1987 *apud* GODINHO, 2004).

Davis (1987) destacou que na época esse sistema não teria o seu uso amplo devido às tecnologias até então existentes, porém era visto por ele como o principal sistema de manufatura do futuro. Isto ficou comprovado através de afirmações de autores mais contemporâneos, como os citados por Godinho (2004), tais como Kotha (1995), Pine (1993) e Duray *et al* (2000), que afirmam que a Customização em Massa tornou-se mais viável com o avanço da tecnologia da informação e de manufatura e dos princípios administrativos.

Para Da Silveira *et al* (2001) Customização em Massa é definida como sendo a capacidade de fornecer produtos e serviços customizados, em alto volume, com altíssimo grau

de flexibilidade dos processos. Já para Pine (1993) a Customização em Massa nada mais é do que fornecer aos clientes variedade de produtos e serviços a um preço acessível, ou seja, oferecer o que o cliente quer, com as especificações desejadas e a um preço que esteja compatível com o mercado.

Godinho (2004) cita ainda a visão de Da Silveira *et al* (2001) que abrange as definições citadas acima. Para Da Silveira *et al* (2001) existe uma visão ampla e uma mais estreita para a CM, sendo que a ampla afirma que a CM é a habilidade de fornecer produtos e serviços projetados individualmente para cada consumidor tendo como característica a alta agilidade, flexibilidade no processo e integração. Já a visão mais específica define a CM como um sistema que usa a tecnologia de informação, processos e estruturas organizacionais flexíveis para entregar uma vasta gama de produtos e serviços de acordo com as necessidades de cada cliente a um custo perto dos produtos feitos pela manufatura em massa.

Essas são as principais definições encontradas na literatura para a CM. A seguir são apresentados os seus elementos-chave.

2.2.17 DIRECIONADORES DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Os principais direcionadores da CM encontrados na literatura, que são citados por Godinho (2004), são: clientes desejando customização, customização em massa deve representar uma característica diferencial, como fonte de vantagens competitivas no mercado e os produtos devem ser customizáveis.

Com relação aos clientes desejando customização, Da Silveira *et al* (2001) afirmam que o sucesso da CM depende do quanto os clientes pagarão e esperarão pelo produto e da habilidade da empresa produzir e entregar os produtos dentro do prazo acordado com os clientes a preços aceitáveis.

Customização em massa deve representar uma característica diferencial, como fonte de vantagens competitivas no mercado é um direcionador tratado também no trabalho de Da Silveira *et al* (2001), que afirmam que para que a CM represente fonte de vantagens competitivas é importante que a empresa que pretende implantá-la seja a primeira no setor a oferecer customabilidade, passando dessa forma a ser reconhecida como uma empresa voltada ao cliente e ao mercado.

E sobre os produtos que devem ser customizáveis, para Da Silveira *et al* (2001) e Feitzinger & Lee (1997) a possibilidade de sucesso e implantação da Customização em Massa está relacionada à possibilidade da customização dos produtos oferecidos pela empresa.

Esses são os principais direcionadores da CM. Na seção seguinte são apresentados os seus princípios.

2.2.18 PRINCÍPIOS DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Godinho (2004) faz um estudo completo dos principais princípios da Customização em Massa encontrados na literatura, que são: participação do cliente ao longo das etapas do ciclo de produção dos produtos, atender a demanda fragmentada para diferentes gostos e necessidades, o conhecimento deve ser compartilhado, redução do ciclo de desenvolvimento de novos produtos e do ciclo de vida dos produtos, utilização de módulos, alta utilização de tecnologias para flexibilizar o processo e o projeto, cadeia de suprimentos deve estar preparada para a Customização em Massa e preços um pouco acima da média para compensar a perda de eficiência. A seguir é apresentado um estudo mais detalhado de cada um desses princípios.

Participação do cliente ao longo das etapas do ciclo de produção dos produtos é um princípio tratado no trabalho de Godinho (2004), que afirma que a divisão mais completa de níveis da Customização em Massa de acordo com a etapa do ciclo de vida do produto que o cliente se envolve com a customização do produto é a de Da Silveira *et al* (2001), que é a que segue: i) padronização pura; ii) customização no uso, somente após a entrega, adaptando-se o produto a diferentes funções ou situações; iii) customização na embalagem e na distribuição; iv) customização através da adição de serviços adicionais ao produto; v) customização através da adição de trabalhos adicionais ao produto; vi) customização na montagem do produto; vii) customização na produção do produto, ou seja, produzir o produto de acordo com o cliente; viii) customização no projeto, ou seja, projetar o produto de acordo com o cliente. Em seu trabalho, Godinho (2004) desconsidera o nível i por considerar que a empresa neste nível não pode ser caracterizada como sendo customizada em massa. Godinho (2004) destaca ainda que é necessário haver uma intensa e eficiente comunicação entre a empresa e os clientes para que o cliente realmente participe nas diversas etapas do ciclo de vida do produto. Essa idéia é reforçada por Da Silveira *et al* (2001), que propõem uma metodologia composta por 4 passos para conseguir manter uma comunicação clara e eficiente com o cliente, para que este consiga

o nível de customização de sua preferência. Para isso, devem ser seguidos os seguintes passos: i) definir um catálogo de opções para o cliente; ii) coletar e armazenar informações sobre a escolha feita pelos clientes; iii) transferir informações do varejista para o produtor; iv) traduzir as escolhas dos clientes em características do projeto do produto e em instruções para a produção.

O princípio seguinte é atender a demanda fragmentada para diferentes gostos e necessidades, onde Pine (1993) afirma que "a empresa customizada deve oferecer os produtos e serviços com variedade e customização de tal forma que o cliente encontre exatamente o que ele deseja". Para Da Silveira (2001) e Pine (1993) este é o seu mais importante princípio.

Continuando, outro princípio importante é: o conhecimento deve ser compartilhado. Nesse princípio é tratada a idéia de que o sucesso da Customização em Massa depende da empresa saber transformar as necessidades dos clientes em produtos e serviços (GODINHO, 2004). Para isso as empresas devem possuir uma cultura que enfatize a criação de conhecimento e sua disseminação ao longo da cadeia de valor (DA SILVEIRA *et al*, 2001; KOTHA, 1996b; PINE *et al*, 1993).

A redução do ciclo de desenvolvimento de novos produtos e do ciclo de vida dos produtos é um princípio encontrado no trabalho de Pine (1993), sendo que ele destaca que como os clientes mudam de gosto constantemente, é de vital importância que o ciclo de desenvolvimento de novos produtos e também o ciclo de vida desses produtos seja cada vez menor para a customização em massa.

Já a utilização de módulos padrões é a chave para se conseguir a Customização em Massa (PINE, 1993; PINE *et al*, 1993 *apud* GODINHO, 2004). Os módulos fornecem os meios para uma produção mais repetitiva de componentes, permitindo que partes do produto sejam produzidas em volumes mais altos como módulos padrões (baixos custos) e a customização seja atingida pela combinação ou modificação destes módulos (DURAY *et al*, 2000 *apud* GODINHO, 2004). McCutheon *et al* (1994) destacam que a utilização dos módulos é a melhor forma de se conseguir produtividade e variedade.

Alta utilização de tecnologias para flexibilizar o processo e o projeto é um princípio destacado por Godinho (2004), que enfatiza que o uso de tecnologias avançadas é fundamental para a Customização em Massa, uma vez que pode garantir ganhos em termos de flexibilidade do processo e do projeto, além de contribuir para a redução da complexidade do projeto (LAU, 1995) e contribuir no relacionamento com os clientes.

Falando agora sobre o princípio identificado como a cadeia de suprimentos deve estar preparada para a Customização em Massa, para Feitzinger & Lee (1997) e Kotha (1995) *apud* Godinho (2004), os fornecedores devem estar localizados próximos aos seus clientes para entregar matérias-primas de forma eficiente. Da Silveira (2001) destaca a importância de todos os elos da cadeia de suprimentos estarem preparados para a CM, sendo que para isso é de extrema importância o uso de um sistema de informação eficiente.

E para finalizar os princípios da CM, resta apresentar o conhecido como "os preços um pouco acima da média para compensar a perda de eficiência". Conforme visto até aqui e até mesmo por características de mercado é normal o preço do produto nesse sistema de manufatura ser um pouco mais elevado devido a um maior grau de customização e até pelo custo unitário de produção ser mais elevado para um produto customizado e por requerer um sistema produtivo mais flexível (GODINHO, 2004). Porém, Pine (1993) salienta que conforme a experiência nos processos aumenta, este preço tende a ser cada vez menor.

Esses são os principais princípios encontrados na literatura. A seguir são apresentados os capacitadores da Customização em Massa.

2.2.19 CAPACITADORES DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Godinho (2004) faz também um estudo detalhado dos principais capacitadores da CM. Este estudo foi a base para identificar e destacar os principais aspectos desse elemento-chave da CM. Os principais encontrados na literatura são: economia de escopo, ferramentas para uma eficiente gestão da cadeia de suprimentos, sistemas de coordenação de ordens de produção e compras (SICOPROCs) direcionados à customização, alguns capacitadores da Manufatura Enxuta, metodologias e tecnologias para direcionar o projeto e a fabricação conforme os requisitos dos clientes, tecnologias e manufatura ágil. A seguir são apresentados alguns detalhes de cada um desses capacitadores.

Economia de Escopo: "Economias de escopo existem onde o mesmo equipamento é capaz de produzir uma variedade de produtos com um custo menor do que se estes produtos fossem produzidos separadamente em diversas máquinas" (GOLDHAR & JELINEK, 1993). Pine (1993) define esse capacitador com sendo o que tem como objetivo baixar custos na Customização em Massa.

Com relação a ferramentas para uma eficiente gestão da cadeia de suprimentos, Da Silveira *et al* (2001), Feitzinger & Lee (1997), Eastwood (1996) e Lau (1995) fazem quatro

recomendações básicas para a melhoria da cadeia de suprimentos de tal forma que ela venha a fornecer a integração necessária para a Customização em Massa. São elas: i) desenvolvimento de uma rede de informação entre um grupo de fornecedores selecionados; ii) correto balanceamento entre custos de estoque e nível de serviço na cadeia; iii) projeto de novos produtos com ampla participação dos fornecedores; iv) entrega do produto correto, para o cliente certo, no tempo desejado a um preço razoável. Pine (1993) defende que a cadeia de suprimento na Customização em Massa deve ser "integrada e desagregada" simultaneamente. Esta desagregação consiste em segmentar a manufatura e outras funções da empresa, fazendo com que a cadeia de suprimentos da empresa se divida de acordo com nichos de mercado específicos, como se fossem "empresas próprias".

O capacitador identificado como Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compras (SICOPROCs) direcionados à customização é tratado no trabalho de Godinho (2004), que destaca que como a Customização em Massa está relacionada a sistemas semi-repetitivos e não repetitivos, os principais SICOPROCs associados a esse sistema de manufatura são o PBC, OPT, sistemas de alocação de carga por encomenda, MRP e PERT/CPM . Godinho (2004) faz ainda uma ressalva de que devido ao alto grau de customização dos produtos podem ser necessárias configurações específicas ou até mesmo SICOPROCs mais avançados para tratar a customização.

Falando agora sobre alguns capacitadores da Manufatura Enxuta, Lau (1995) conseguiu comprovar empiricamente que alguns deles (participação da força de trabalho, trabalho em equipes, redução de *set ups*, manufatura celular, TPM, utilização de ferramentas de controle da qualidade e produção puxada) ajudam a alcançar a customização em massa.

Sobre metodologias e tecnologias para direcionar o projeto e a fabricação conforme os requisitos dos clientes, Godinho (2004) destaca que quanto às metodologias voltadas para a customização do projeto temos: i) "armazéns de projetos", termo proposto por Tseng & Jiao (1997) para identificar um banco de dados sobre projetos passados (novos produtos, falhas, etc..); ii) modelagem de família de produtos como a desenvolvida por Jiao *et al* (1998) pode ser utilizada para servir de base para novos projetos, uma vez que de acordo com Meyer *et al* (1997) o desenvolvimento de família de produtos é um meio para se conseguir balancear o nível de variedade que os clientes acham atrativo com o nível de complexidade que ainda permitem que os custos sejam aceitáveis; iii) softwares tipo CAD e CAM.

Quanto às metodologias e tecnologias utilizadas na produção temos a utilização de módulos (já discutido), tecnologias de processo como CNC, FMS, CIM, robôs, equipamentos para trocas rápidas de equipamento e flexibilidade na produção.

Quanto às tecnologias, Turowski (2002) destaca que as tecnologias utilizadas dentro da CM têm como principais objetivos: i) fornecer alto grau de flexibilidade e customização; ii) fornecer integração interna: para isto utilizam-se sistemas de informação integrados tais como ERP e a intranet; iii) fornecer integração externa com o propósito de estabelecer contatos com os clientes visando estabelecer o grau de customização necessário: para isto utilizam-se o EDI, a internet, dentre outros sistemas de comunicação.

E pra finalizar, Da Silveira *et al* (2001) destaca a Manufatura Ágil, que é tratada como um capacitador da Customização em Massa por esse autor. Godinho (2004) possui uma visão diferente, na qual afirma que a Manufatura Ágil e a Customização em Massa são dois PEGEMs diferentes, que embora apresentem semelhanças e capacitadores em comum, não necessariamente uma é base para a outra. Essa idéia foi seguida nessa monografia.

Esses são os principais capacitadores da Customização em Massa encontrados na literatura. A seguir são apresentados os seus objetivos de desempenho.

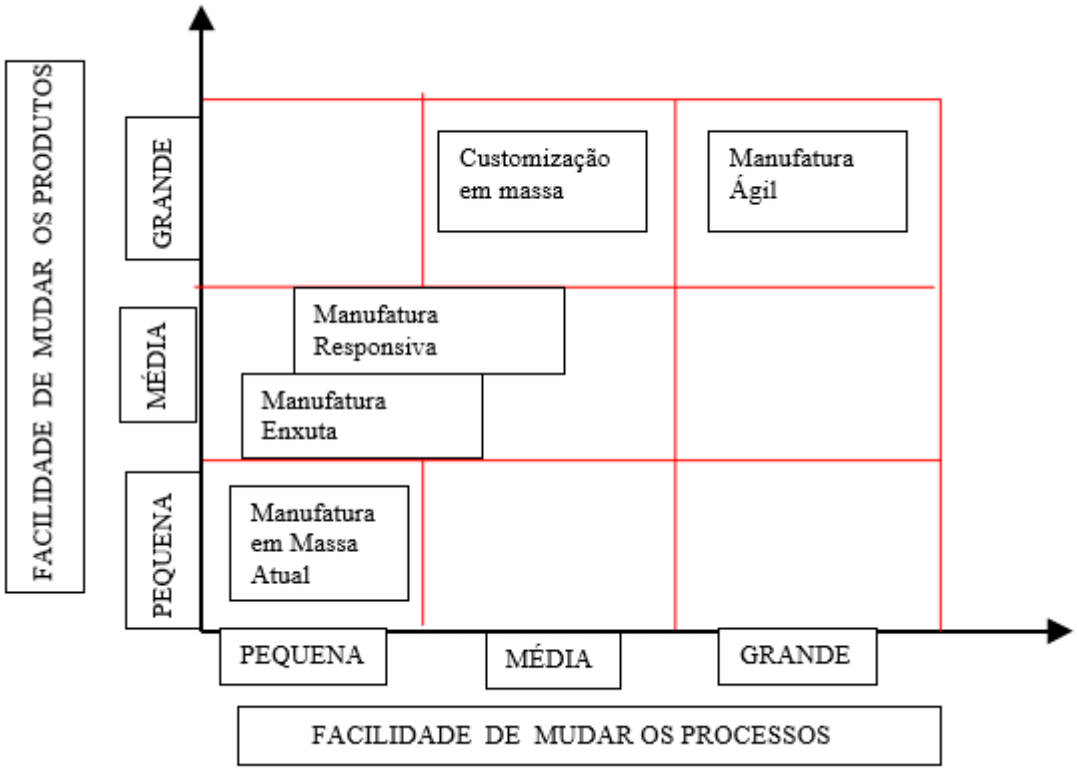
2.2.20 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

Godinho (2004) afirma que o objetivo ganhador de pedido da CM é a customabilidade e que esta representa a capacidade da empresa prover soluções diferenciadas dentro do *mix* de produtos da empresa para os clientes que desejam tal customabilidade.

Ainda segundo Godinho (2004) a customabilidade é formada por 4 objetivos principais, a saber: flexibilidade a longo prazo, flexibilidade a curto prazo, adaptabilidade e "ciberneticidade" (uso da tecnologia e dos sistemas de informação com o propósito de estabelecer contato com os clientes para saber o grau de customização), representando os objetivos ganhadores de pedido. Já os objetivos (velocidade, pontualidade, produtividade e qualidade) são objetivos qualificadores da CM, pois existem *trade offs* entre alguns objetivos ganhadores de pedido e alguns objetivos qualificadores, o que faz com que dificilmente a CM tenha resultados semelhantes com relação aos objetivos qualificadores em comparação a outros PEGEMs que possuem esses objetivos como ganhadores de pedido (GODINHO, 2004).

A seguir é apresentada a figura 2.1 que mostra diferenças com relação à facilidade de mudar processos de produção e também de mudar os produtos que são lançados no mercado, que estão relacionadas à flexibilidade do sistema de manufatura.

Figura 2.1: O posicionamento dos PEGEMs dentro de uma matriz de mudança nos produtos x mudança nos processos



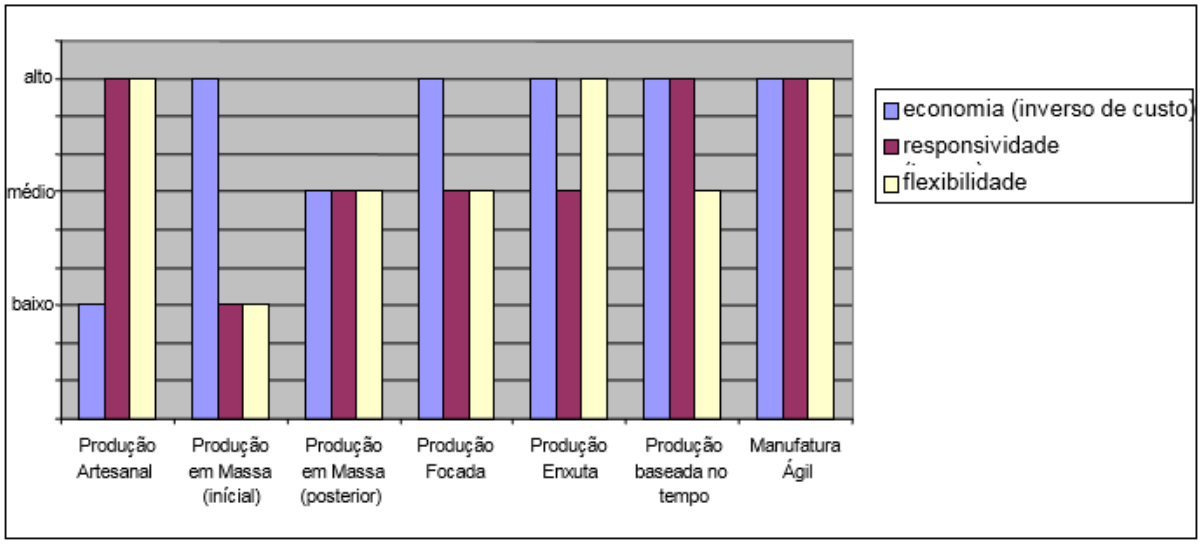
Fonte: Godinho (2004)

Através dessa figura é possível concluir que a Manufatura Ágil possui a maior facilidade para mudar os processos de produção e que ela e a Customização em Massa possuem a maior facilidade de mudar os produtos que serão lançados no mercado.

Booth (1996) propôs um modelo comparando alguns PEGEMs em relação a alguns objetivos de desempenho. Este modelo mostra que cada um deles possui um enfoque baixo,

médio ou alto em termos de custo, flexibilidade e responsividade. A figura 2.2 representa o modelo proposto por Booth (1996).

Figura 2.2: Modelo que relaciona alguns PEGEMs em relação a alguns objetivos de desempenho

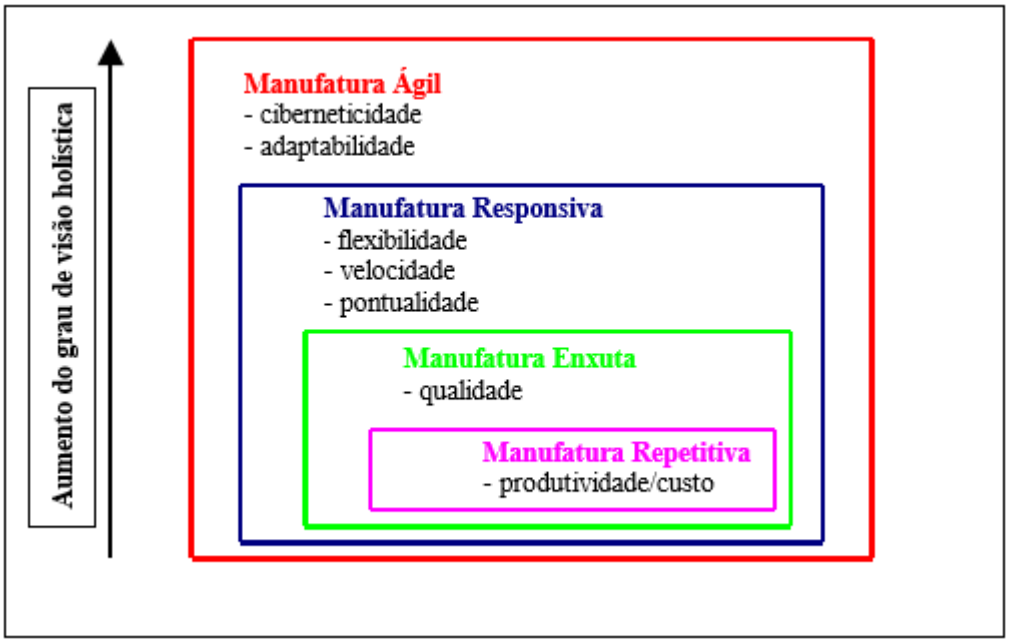


Fonte: Booth (1996)

Através da figura 2.2 é possível perceber que a Manufatura Ágil é o único dos Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura que foram comparados que possui um enfoque alto tanto em termos de economia, quanto responsividade e flexibilidade.

Fernandes & MacCarthy (1999) propuseram um segundo modelo relacionando alguns PEGEMs em relação a alguns objetivos de desempenho. A figura 2.3 mostra o modelo que foi proposto.

Figura 2.3: Segundo modelo que relaciona alguns PEGEMs e alguns objetivos de desempenho



Fonte: Fernandes & MacCarthy (1999)

Através da figura 2.3 é possível concluir que a Manufatura Ágil é um PEGEM que engloba os objetivos de desempenho dos demais. Portanto, a interpretação que se abstrai é que a Manufatura Repetitiva (chamada de Manufatura em Massa Atual nessa monografia) tem como objetivo de desempenho principal melhorar a relação produtividade/custo, já a Manufatura Enxuta tem esse objetivo englobado, porém como qualificador e o objetivo de desempenho principal é a qualidade. Já a Manufatura Responsiva engloba tanto a relação produtividade/custo quanto a qualidade como objetivos de desempenho qualificadores, tendo como objetivos de desempenho principais a flexibilidade, a velocidade e a pontualidade. E a Manufatura Ágil engloba todos os objetivos de desempenho dos demais como objetivos de desempenho qualificadores e possui como objetivos de desempenho principais a ciberneticidade e a adaptabilidade.

No próximo capítulo é apresentado um estudo da arte da Manufatura Ágil, para esclarecer vantagens e desvantagens desse sistema de manufatura, empresas que o utilizam, além de tornar mais claro as diferenças em relação a outros PEGEMs.

3 MANUFATURA ÁGIL

Nessa seção serão apresentados conceitos da MA e nas seções seguintes serão apresentados os seus direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho, que são os elementos-chave de um PEGEM, assim como apresentado no capítulo anterior. A seguir são apresentados alguns conceitos relevantes de MA.

Para Gunasekaran (1999) a Manufatura Ágil está relacionada a novas maneiras de se gerenciar empresas e enfrentar desafios tais como: clientes desejando produtos de alta qualidade e baixo custo, além de rápida resposta as suas necessidades específicas e em constante transformação.

Para Da Silveira *et al* (2001) o que caracteriza a Manufatura Ágil é o comportamento proativo, que está relacionado a usar o estado de mudança constante do mercado como uma oportunidade de ser lucrativo (GOLDMAN *et al*, 1995).

Cho *et al* (1996) definem Manufatura Ágil como a capacidade da empresa de sobreviver e prosperar em um ambiente de contínuas e inesperadas mudanças. Para Goldman (1994) a agilidade é uma estratégia de resposta fundamental para as mudanças constantes e irreversíveis que vem sofrendo o mercado competitivo atual. Já nas palavras de Sharifi & Zhang (1999): “agilidade é a habilidade de lidar com mudanças inesperadas, de sobreviver em um ambiente de negócios com ameaças sem precedentes e de tirar vantagens dessas mudanças”.

Godinho (2004) afirma que diante das definições de MA podemos entender o conceito de agilidade como sendo um objetivo da manufatura que engloba dois fatores principais: responder a mudanças inesperadas de maneira correta e no tempo devido e explorar essas mudanças, entendendo-as como uma oportunidade de ser lucrativo.

Godinho (2004) define Manufatura Ágil como a capacidade de sobreviver e prosperar em um ambiente competitivo tendo como principal meta a agilidade (interna e externa).

A agilidade interna é a habilidade de responder rapidamente à demanda do mercado para novos produtos e características destes produtos e a agilidade externa está relacionada à idéia de empresas virtuais (OWEN & KRUSE, 1997).

Goranson (1999) define empresa virtual como uma agregação de unidades menores e suas competências centrais e recursos que se unem com a finalidade de explorar alguma oportunidade de negócio agindo como se fossem uma única empresa. Porém, nem toda

empresa virtual é ágil (GODINHO, 2004). Para Goranson (1999): “uma empresa virtual é ágil somente se ela é formada com o intuito de se dissolver e se reconfigurar novamente”.

Segundo Song & Nagi (1997) as empresas virtuais se unem com o intuito da criação de um produto ou serviço e não a criação de uma empresa. Além disso, possuem como principais características: orientação para o produto, relações de curto prazo, estilo colaborativo, velocidade e flexibilidade.

Para Jagdev & Browne (1998) a agilidade interna requer um sistema de produção reprogramável, reconfigurável e apto a contínuas adaptações e que seja capaz de operar economicamente com tamanhos de lotes pequenos.

A seguir são apresentados os quatro elementos-chave (direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos estratégicos de desempenho) da Manufatura Ágil, conforme apresentado no capítulo anterior para cada PEGEM, tornando dessa forma mais claro o estudo da MA, com o intuito de explorar mais a fundo as suas características e servir de parâmetro para que seja feita uma comparação com os demais PEGEMs, destacando suas vantagens e desvantagens.

3.1 DIRECIONADORES DA MANUFATURA ÁGIL

Segundo Yusuf *et al* (1999) a principal característica de mercado que leva à agilidade é a mudança. Porém essas mudanças podem acontecer de diferentes tipos e trazer diferentes consequências, pois uma mudança pode ser ruim para um tipo de empresa ou negócio, mas também pode ser uma oportunidade de crescimento (YUSUF *et al*, 1999).

Sharifi & Zhang (1999) afirmam que existem características comuns nas mudanças que podem trazer consequências gerais para as empresas e sugerem três tipos de classificações quanto às mudanças, a saber: área geral onde a mudança ocorre, lista detalhada de mudanças como subitens das áreas gerais, as quais são enfrentadas em diferentes graus pelas empresas e a partir da maneira pela qual a mudança poderá afetar a empresa.

Com relação à área geral onde a mudança ocorre, Sharifi & Zhang (1999) propõem cinco categorias: mudanças no mercado, mudanças tecnológicas, mudanças nas necessidades dos clientes, mudanças em fatores sociais e mudanças no critério competitivo. Já a classificação quanto à lista detalhada de mudanças como subitens das áreas gerais apresenta supostas mudanças que podem ocorrer em cada uma dessas cinco categorias (SHARIFI & ZHANG, 1999), conforme apresentado a seguir:

Mudanças no mercado: crescimento do nicho de mercado, aumento da taxa de mudanças no modelo do produto, redução do ciclo de vida dos produtos, mudanças políticas nacionais e internacionais.

Mudanças tecnológicas: introdução de novas tecnologias da informação, introdução de novos *softwares*, introdução de métodos de produção mais rápidos, econômicos e eficientes.

Mudanças nas necessidades dos clientes: aumento da expectativa por qualidade, mudanças imprevistas em quantidades de pedidos e especificações, rápido lançamento de novos produtos no mercado (*time to market*) e rápido tempo de entrega, além de demanda por produtos e serviços customizados.

Mudanças em fatores sociais: expectativas da força de trabalho, mudanças nos contratos sociais, problemas culturais, pressões ambientais, políticas e legais.

Mudanças no critério competitivo: rápidas mudanças no mercado, responsividade dos concorrentes a mudanças, aumento da pressão por produtos inovadores e por redução de custos, *time to market* e aumento da competição internacional.

Já com relação à maneira pela qual a mudança poderá afetar a empresa, Sharifi & Zhang (1999) propõem três abordagens diferentes:

- a mudança influencia nas atuais atividades, planos e programas da empresa, dentre eles: tempo de entrega, quantidade de pedidos, planos, processos e procedimentos de produção, dentre outros;
- a mudança afeta o negócio da empresa, colocando em risco a reputação da empresa, parcela de mercado (*market share*), dentre outros, o que põe em cheque a sua posição no mercado no que se refere a produtos ou setores de mercado específicos;
- a mudança interfere na estratégia de negócios da companhia como um todo, sendo criados novos horizontes para a empresa através da introdução de novos mercados e queda de concorrentes, por exemplo. Esse tipo de mudança pode afetar a política de introdução de novos produtos, os planos futuros de expansão e crescimento da empresa, dentre outros fatores.

Diante dos direcionadores apresentados nessa seção, é possível concluir que a MA é mais adequada para mercados instáveis, em constante mudança e que requer alta competitividade e agilidade para prosperar e se manter lucrativa diante de toda essa

turbulência e que toda essa mudança do mercado deve representar uma oportunidade de crescimento.

A seguir são apresentados os principais princípios da MA.

3.2 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ÁGIL

Yusuf *et al* (1999) identificam como características imprescindíveis da MA:

- Síntese de diversas tecnologias;
- Resposta a mudanças e incertezas;
- Mobilização das competências chave;
- Compromisso com assuntos sociais e ambientais;
- Integração dentro da empresa e entre empresas;
- Produtos e serviços com conteúdo de alto valor agregado e informativo;
- Produtos de alta qualidade e altamente customizados.

Para Godinho (2004) essas características podem ser resumidas nos princípios chave da MA citados por autores tais como Pine (1993), Meade & Sarkis (1999) e Gunaserkaran (1998). São eles: redução dos ciclos de vida dos processos e das empresas, estratégia baseada no valor, a qual "enriqueça" o cliente, cooperação para o aumento da competitividade, "alavancar" o impacto das pessoas e informações e domínio das mudanças e incertezas. A seguir são apresentadas algumas explicações de cada um desses princípios.

Redução dos ciclos de vida dos processos e das empresas é um princípio apresentado por Pine (1993). Segundo Pine (1993), na Manufatura Ágil a empresa explora novas formas de negócio para buscar vantagens competitivas com a finalidade de fazer com que os seus processos obtenham mudanças dinâmicas para comportar novos produtos em virtude de uma forte política de inovação. As empresas ágeis geralmente criam empresas virtuais temporárias, com o intuito de aumentar o seu *portfólio* de produtos através da combinação de sua capacidade com a de outras empresas.

Estratégia baseada no valor, a qual "enriqueça" o cliente é um princípio identificado como a principal saída (*output*) da MA e está ligada a fornecer soluções e não somente produtos aos clientes (GODINHO, 2004).

Já a cooperação para o aumento da competitividade é um princípio definido como a entrada (*input*) da MA e que mostra a necessidade de uma parceria, cooperação interna

(dentro da empresa) e externa (entre empresas) para se tornar cada vez mais competitiva (GODINHO, 2004).

“Alavancar” o impacto das pessoas e informações é um princípio apresentado no trabalho de Godinho (2004). Segundo Godinho (2004), informações e pessoas são os principais recursos e mecanismos da MA para utilizar a cooperação (*input*) para satisfazer as necessidades do cliente (*output*).

Domínio das mudanças e incertezas é um princípio que está ligado à idéia de a empresa continuar competitiva mesmo diante de um cenário mercadológico de constantes e relevantes mudanças, ou seja, á capacidade da empresa se reconfigurar (mudar, em relação a foco, diversidade) frente às mudanças do mercado e enxergar isso como uma oportunidade de prosperar (GODINHO, 2004).

Esses são os principais princípios da MA. A seguir são apresentados os seus capacitadores, que são as ferramentas, metodologias e tecnologias que tornam viável a sua implantação.

3.3 CAPACITADORES DA MANUFATURA ÁGIL

Gunasekaran (1999) propõe uma classificação para os capacitadores da Manufatura Ágil em virtude do foco de atuação em quatro categorias: estratégias, tecnologias, sistemas e pessoas.

O quadro 2.2 mostra cada uma dessas categorias e também os capacitadores relativos a cada uma delas. Posteriormente são discutidos todos os focos de atuação propostos por Gunasekaran (1999) e também cada um dos capacitadores.

Quadro 2.2: Classificação dos Capacitadores da Manufatura Ágil

Fonte: adaptado de GUNASEKARAN (1999)

Classificação Principal: foco de atuação do capacitador	**Capacitadores**
Estratégias	Empresa virtual/ manufatura virtual
	Integração da cadeia de suprimentos
	Gestão baseado em competências chave
	Engenharia Simultânea
	Gestão baseada na incerteza e na mudança
	Gestão baseada no conhecimento
Tecnologia	*Hardware* – ferramentas e equipamentos
	Tecnologia de Informação – computadores e *softwares*
Sistemas	Sistemas de projeto
	Sistemas de Planejamento e Controle
	Integração de sistemas e gerenciamento de banco de dados
Pessoas	Melhoria contínua
	Comprometimento da alta gerência e *empowerment*
	Pessoas multi habilitadas, flexíveis e com conhecimento
	Trabalho em equipe e participação
	Treinamento e educação contínua

Os principais capacitadores com relação às **estratégias** são: empresa virtual/manufatura virtual, integração da cadeia de suprimentos, gestão baseada em competências chave, engenharia simultânea, gestão baseada na incerteza e na mudança e gestão baseada no conhecimento. A seguir são apresentadas algumas explicações sobre cada um desses capacitadores.

Empresa Virtual/Manufatura Virtual: conforme definido anteriormente por Goranson (1999), empresa virtual é uma agregação de unidades menores e de suas competências centrais e recursos que se unem com o intuito de explorar alguma oportunidade de negócio agindo como se fossem uma única empresa. Já a manufatura virtual é definida por Godinho (2004) como o uso de modelos computacionais e simulações de processos de manufatura para ajudar na montagem dos projetos e produções de produtos. Segundo Gunasekaran (1999), a

MA necessita da manufatura virtual para conseguir responder de forma rápida e eficaz as demandas do mercado.

Integração da Cadeia de Suprimentos: para Smirnov & Chandra (2001) o uso de tecnologias de informação tais como ERP e Supply Chain (SC) é fundamental para que haja integração da cadeia de suprimentos. Já Towill (2001) destaca a importância da cooperação de todas as empresas de suprimentos, que também é ressaltada por Downlatshari (2001) que dá ênfase ainda ao papel colaborativo dos fornecedores e clientes na MA e trabalha também com a importância do envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos dentro de um contexto de engenharia simultânea. Para complementar, Gunasekaran (1999) destaca que para haver melhorias na eficácia da cadeia de suprimentos de uma MA é necessário que haja integração e um gerenciamento apropriado da mesma.

Gestão baseada em competências chave: Sharp *et al* (1999) destacam que uma Empresa Ágil precisa desenvolver e utilizar suas competências para o desenvolvimento de produtos chave, sendo estes utilizados em vários segmentos das operações de negócios da Companhia. Prahalad & Hamel (1990) afirmam que as competências chave são originadas do processo de aprendizagem corporativo, organização do trabalho, integração de diversas competências e correntes tecnológicas e a definem como sendo um processo de aprendizagem coletivo que tem como finalidade o desenvolvimento e a coordenação de diversas habilidades e capacidades. Yusuf *et al* (1999) complementam afirmando que para que as competências chave tragam benefícios a longo prazo para uma organização e tenham importância estratégica dentro do negócio é fundamental que sejam satisfeitas três condições: as competências chaves devem ser difíceis de serem plagiadas pelas empresas concorrentes, elas devem capacitar a empresa de tal forma a atender aos clientes não só com os produtos de seu desejo, mas também com soluções e também devem fornecer subsídios para que a empresa possa entrar e ser competitiva em uma diversidade de mercados.

Engenharia Simultânea: Gunasekaran (1999) define Engenharia Simultânea como sendo a formação de novos times para o desenvolvimento de novos produtos e projetos, sendo formados por integrantes com experiência e competências em diversas áreas tais como: *marketing*, produção, qualidade, compras, etc. A Engenharia Simultânea é fundamental para o desenvolvimento da agilidade na manufatura (GUNASEKARAN, 1999). Slack *et al* (1997) citam diversos benefícios que podem ser conseguidos através desse capacitador, tais como: redução de custos, redução do *time to market*, maior integração entre as áreas e identificação de falhas em fases mais iniciais do projeto.

Gestão baseada na incerteza e na mudança: a gestão do risco e da incerteza trata-se de uma mudança no tocante a cultura, valores e práticas, deixando de lado o tradicionalismo cultural e passando a ter uma cultura baseada em novas práticas e idéias (CLARKE, 1994).

Gestão baseada no conhecimento: Francis (2001) destaca o processo de aprendizagem dinâmica dentro da MA e afirma que esse conceito está relacionado não somente com a aquisição do conhecimento, mas também no processo de deixar de lado velhos hábitos, culturas, práticas, rotinas do passado. Yusuf *et al* (2001) afirmam que esse capacitador é vital para a MA e reconhece que a empresa se voltar para o conhecimento e informação é fundamental, pois estes representam diferenciais competitivos das empresas de sucesso.

Esses são os principais capacitadores da MA com relação às estratégias. A seguir são apresentadas as tecnologias e capacitadores ligados às tecnologias.

Rao & Nahm (2001) destacam que a tecnologia é de extrema importância para uma empresa que pretende ser MA e que ela é crítica para o seu sucesso, fornecendo flexibilidade e integração para a empresa. As principais tecnologias e capacitadores com relação à **tecnologia** são: hardware e tecnologia e sistemas de informação. A seguir são apresentadas explicações de cada um desses capacitadores.

Hardware: é fundamental que haja uma estrutura adequada de *hardwares* (robôs, alimentadores de partes flexíveis, sistemas de inspeção visual automatizadas, veículos guiados por computador, alimentadores de partes flexíveis, dentre outros), pois a MA requer um sistema para troca rápida na montagem de produtos e somente essa estrutura faz com que esses resultados sejam atingidos (GUNASEKARAN, 1999).

Tecnologia e sistemas de informação: Gunasekaran (1999) faz um estudo completo sobre o uso da tecnologia e dos sistemas de informação, destacando que estes devem ser empregados e utilizados para uma efetiva integração dentro da MA. Gunasekaran (1999) divide a tecnologia e os sistemas de informação conforme o objetivo de sua utilização na MA da seguinte forma: i) tecnologia e sistemas voltados ao projeto ágil: CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Aided Manufacturing), planejamento do processo auxiliado por computador (CAPP); ii) tecnologias e sistemas voltados para a produção ágil: FMS e CIM; iii) tecnologia e sistemas voltados à comunicação e integração intra e entre empresas, principalmente para o estabelecimento de parcerias virtuais: internet, MRP, ERP, EDI e comércio eletrônico. Godinho (2004) complementa com outras modernas tecnologias ágeis que podem ser destinadas a mais de uma área dentro da empresa tais como: inteligência

artificial, *softwares* de realidade virtual, *softwares* baseados em programação orientada a objetos e multimídia.

Essas são as principais tecnologias e capacitadores com relação às tecnologias. Na sequência são apresentados sistemas para a MA bem como seus capacitadores.

Godinho (2004) afirma que os sistemas para a MA são compostos por sistemas de apoio à tomada de decisões, sendo que muitas das vezes estes são baseados em *softwares* para funções de extrema importância dentro da gestão da cadeia de suprimentos, tais como: projeto, planejamento e controle da produção, gerenciamento de dados e integração de sistemas. Os principais **sistemas** são: sistemas de projeto, sistemas de planejamento e controle da produção (SICOPROCs) e sistemas de gerenciamento de dados e integração. A seguir são apresentadas explicações de cada um desses sistemas.

Com relação aos sistemas de projeto, Godinho (2004) destaca que os capacitadores ligados aos sistemas de projeto são os que suportam o objetivo de agilidade em projeto, que significa chegada rápida de novos produtos no mercado e mudanças rápidas no projeto desses novos produtos. Algumas das ferramentas e técnicas que apóiam os sistemas de projetos ágeis são: CAD/CAM, QFD (*Quality Function Deployment*) e prototipagem rápida (GODINHO, 2004). Prototipagem rápida é uma técnica que permite ao time de engenharia simultânea produzir um protótipo de projeto em dias ou até mesmo horas ao invés de meses como de costume com os métodos tradicionais (SHARP *et al*, 1999). Para alguns autores a prototipagem rápida é o principal capacitador da MA. Godinho (2004) cita, por exemplo, os autores Balsmeier & Voisin (1997) como defensores dessa idéia.

Já com relação aos sistemas de planejamento e controle da produção (SICOPROCs), Godinho (2004) afirma que a MA pode utilizar alguns SICOPROCs voltados a sistemas semi repetitivos, não repetitivos e grandes projetos, tais como: PBC, OPT, MRP, PERT/CPM e sistemas de alocação de carga por encomenda. Só que segundo Gunasekaran (1999) esses tradicionais sistemas sozinhos não são suficientes para satisfazer as necessidades de planejamento e controle da produção (PCP) da MA. Diante disso, Godinho (2004) extraiu uma série de aspectos importantes de um sistema de PCP para um ambiente de MA, a saber: i) monitoramento e controle em tempo real do progresso da produção em uma empresa virtual; ii) estrutura de controle dinâmico e flexível para lidar e reagir a incerteza do mercado; iii) estrutura de programação da produção e algoritmos que trabalhem com incertezas na produção em uma empresa virtual; e iv) modelagem da situação da produção e de sistemas de controle em uma empresa virtual.

Para finalizar, destaca-se o capacitador conhecido como “os sistemas de gerenciamento de dados e integração”, sendo que Gunasekaran (1999) afirma o seguinte: “além de satisfazer as necessidades tradicionais, os sistemas de informação de uma Manufatura Ágil devem ser capazes de se reconfigurar em um tempo muito rápido e de incluírem partes de sistemas de informação de outras empresas, para o caso de uma empresa virtual”. Godinho (2004) cita alguns sistemas que possibilitam e impõem tal flexibilidade e integração do sistema, a saber: ERP, internet, EDI e comércio eletrônico. Lau & Wrong (2001) destacam que o uso de sistemas de informação vem proporcionando uma integração cada vez maior entre fornecedores e clientes, como fica claro em uma frase citada por esses autores: “em alguns casos as empresas podem acessar os sistemas de estoque e programação de seus fornecedores, chegando inclusive a colocar ordens automaticamente”.

Esses são os principais sistemas e seus capacitadores para a MA. A diante são apresentados os fatores humanos para a MA bem como os seus capacitadores, finalizando essa seção.

Francis (2001) faz um estudo completo sobre o papel das pessoas na MA. Os principais fatores humanos para esse sistema de manufatura são: melhoria contínua, comprometimento da alta gerência e *empowerment*, pessoas multi habilitadas, flexíveis e com conhecimento, trabalho em equipe e participação e treinamento e educação contínua. A seguir são apresentadas explicações de cada um desses capacitadores.

Sobre a melhoria contínua, Choi (1995) afirma que o processo de melhoria contínua deve ocorrer em conjunto com fornecedores e clientes. Sharp *et al* (1999) enfatiza que a melhoria contínua é um capacitador que está relacionado à busca pela perfeição através da utilização do ciclo PDCA dentro das estruturas organizacionais da Manufatura Ágil.

Com relação ao comprometimento da alta gerência e *empowerment*, Francis (2001) afirma que a empresa ágil deve ser composta por uma liderança visionária e por gerentes empreendedores, que saibam delegar responsabilidades e fornecer subsídios que favoreça o *empowerment*. Gunasekaran (1999) complementa destacando a importância do comprometimento em termos de estratégias específicas tais como a manufatura virtual, montagem de empresas virtuais e integração da cadeia de suprimentos por parte da alta gerência para a MA.

Falando agora sobre pessoas multi habilitadas, flexíveis e com conhecimento, Sharp *et al* (1999) afirmam que essa qualificação do pessoal é resultado principalmente de

treinamentos e investimentos em recursos humanos por parte das empresas que querem se tornar cada vez mais ágeis.

Sobre o trabalho em equipe e participação, Barkman (1987) destaca que o trabalho em equipe aumenta a motivação e participação dos trabalhadores. Segundo Godinho (2004) esses elementos são essenciais para a MA.

Com relação ao treinamento e educação contínua, Gunasekaran (1999) enfatiza que a Manufatura Ágil é um PEGEM que requer diferentes treinamentos e educação em comparação com os demais. Gunasekaran (1999) complementa com algumas características importantes relacionadas à força de trabalho dentro desse sistema, tais como: desenvolvimento e mudanças contínuas, cooperação e íntima dependência entre as atividades.

Essas são as principais categorias e os principais capacitadores relacionados a cada uma delas. Na próxima seção são apresentados os objetivos de desempenho estratégicos da MA.

3.4 OBJETIVOS DE DESEMPENHO DA MANUFATURA ÁGIL

A Manufatura Ágil tem como objetivo de desempenho principal (ganhador de pedido) a agilidade, que é a capacidade de lidar com um ambiente em constante mudança, prosperar, se manter competitivo e oferecer não somente produtos, mas também soluções para os clientes. Este objetivo está ligado a outros quatro objetivos de desempenho da produção: adaptabilidade, “ciberneticidade”, flexibilidade de longo e de curto prazo (GODINHO, 2004). Qualidade, responsividade (velocidade e pontualidade) e produtividade são objetivos qualificadores de desempenho da MA (GODINHO, 2004).

Esses são os objetivos de desempenho estratégicos da MA. Na próxima seção serão feitas comparações entre a MA e os demais PEGEMs abordados nessa monografia, destacando vantagens, desvantagens e limitações da MA. E ao final da seção serão dados exemplos de empresas, casos de empresas que utilizam cada um dos PEGEMs além de conclusões, tais como o porquê da utilização desse PEGEM por parte das empresas citadas , encerrando dessa forma esse capítulo.

3.5 COMPARAÇÕES DOS PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DA MANUFATURA

Será conduzida nesta seção uma amostragem das características de cada PEGEM, em função de quadros estruturados por especialistas com a conseqüente interpretação destas informações.

O quadro 3.1 mostra diferenças propostas por Sharp *et al* (1999) entre produção em massa, a produção enxuta e a manufatura ágil. Para eles, esta diferença ocorre porque a segunda, originada no Japão não teria mobilidade suficiente para suportar os esforços decorrentes do ambiente competitivo de negócios.

No que diz respeito aos condutores que direcionam as eras, pode-se notar que a produção em massa tem características práticas, não se atendo muito a previsões, por trabalhar com mercados estáveis, e ser fortemente orientado pela demanda (GODINHO, 2004). Já na produção enxuta, tem-se a noção de trabalhar com previsão, estando todo seu processo amplamente ligado à redução de desperdícios, operando com uma conduta direcionada à demanda prevista por acompanhamentos de mercado (GODINHO, 2004). A manufatura ágil, por sua vez, tende a enfocar com mais propriedade o cliente e, por ter características de alto poder de reconfiguração e operar em um mercado incerto, firma sua conduta na produção comandada, isto é, produz conforme estipulações feitas a partir de profundo acompanhamento do mercado (YUSUF *et al*, 1999).

A seguir é apresentado o quadro 3.1 que mostra diferenças chave entre a MMA, a ME e a MA.

	Produção em Massa	Produção Enxuta	Produção Ágil
Condutores	- Preço - Economia de escalas - Mercados estáveis - Guiado pela demanda	- Mercado - Economia de desperdício - Mercados previsíveis - Feito por previsão	- Cliente - Economia da diversidade - Mercados imprevisíveis - Feito por comando
Foco	- Equipamentos e facilidades	- Tecnologia e sistemas	- Pessoal e informação
Fornecedores	- Muitos - Baixo nível de confiança - Relacionamento	- Poucos - Alto nível de confiança - Cooperação	- Seleção entre muitos - Alto nível de confiança - Risco dividido /recompensa
Organização	- Divisão do trabalho - Hierárquica	- Formação de equipes - Empresa horizontal	- Habilidades múltiplas - Empresa horizontal/vertical - Energização
Produto	- Poucas opções - Qualidade inconsistente	- Muitas opções - Grande qualidade	- Customizado - Projetado sob propósito - Grande qualidade
Processo	- Rígido - Manual	- Flexível - Automatizado	- Adaptável - Baseado em conhecimento
Filosofia	- Autoritarismo	- Administrativo	- Liderança

Quadro 3.1 - Diferenças chave (Sharp *et al*, 1999)

Existe uma grande diferença em relação ao foco de cada sistema de manufatura também, já que com a evolução dos métodos gerenciais, administrativos e produtivos, este enfoque também sofreu avanços, advindo de um enfoque estritamente prático por parte da produção em massa, passando pela formatação e acompanhamento de tecnologias e sistemas – produção enxuta e culminando na preocupação por parte da manufatura ágil para com sistemas de informação, tecnologia da informação e treinamento de pessoal (GODINHO, 2004).

Por se tratarem de eras produtivas subsequentes, muitas vezes suas características denotam o próprio caminho traçado pelos avanços estratégicos, tecnológicos e gerenciais ocorridos no decorrer do final do século XX.

Isto acontece quando é abordado, por exemplo, o relacionamento com fornecedores. Na era produtiva da produção em massa, o procedimento era o de agrupar inúmeros fornecedores, não possibilitando um acompanhamento dos seus procedimentos e ocasionando uma alta desconfiança por parte das empresas contratantes (MCCARTHY & FERNANDES, 2000). Já com a produção enxuta, este quadro se reverte, que passa a trabalhar com poucos fornecedores, bem controlados e sob um sistema de cooperação mútua (GODINHO, 2004). E, novamente por se tratar de um conceito que trabalha com alto poder de reconfiguração, em função das variações de mercado, e por causa disso necessitar de um escopo de grande porte, a manufatura ágil volta a operar com muitos fornecedores, só que desta vez em regime de parceria, que passa a expor os fornecedores aos riscos mercadológicos inerentes (YUSUF *et al*, 1999).

Fazendo uma analogia com essa evolução dos sistemas de manufatura, conclui-se que a mesma situação do caso anterior acontece no que diz respeito à organização. O desenvolvimento das empresas começa com uma instituição hierarquizada, trabalhando segundo a especificação e comando predeterminados. Com o aumento da competitividade, a diminuição da fatia de mercado e a busca da vantagem competitiva, as empresas se horizontalizaram, formatando equipes de produção e delegando poderes e, mais ainda quando a situação de incerteza do mercado se potencializa, estas passam a necessitar de equipes com habilidades múltiplas, da energização de pessoal e da horizontalização e verticalização, trabalhando concomitantemente, abrindo frentes de trabalho e condensando as estratégias nos tomadores de decisão.

Também é o caso dos processos e produtos, na primeira eram altamente padronizados, evoluindo para procedimentos mais flexíveis e automatizados na produção enxuta, e, por conseguinte, gerando mais opções de produtos, e culminado com a manufatura ágil, com processos adaptáveis e modulares, conforme visto ao longo da monografia.

Nelson & Harvey (1995) mostram no quadro 3.2 outra comparação entre os três sistemas de manufatura, agora se valendo de características mais palpáveis de empresas que operem segundo uma das três eras industriais, a produção em massa, a produção enxuta e a manufatura ágil.

Fazendo um paralelo com o que foi apresentado para a interpretação do quadro 3.1, as características listadas neste quadro também traduzem a evolução ocorrida em função das mudanças de mercado, competitividade e enfoque conceitual.

Por se tratar de uma era produtiva que opera em mercados estáveis, com produção altamente manual os investimentos da produção em massa são habitualmente orientados a equipamentos e facilidades produtivas, enquanto que na produção enxuta o maior investimento é dado à tecnologia, operando com camadas produtivas removíveis e flexíveis no sentido de diminuir os desperdícios (NELSON & HARVEY, 1995). Na manufatura ágil, investimentos são feitos para estabelecer sistemas de informação e treinamento de pessoal, possibilitando a formação de equipes multi-habilitadas, com alto poder de reconfiguração.

A seguir é apresentado o quadro 3.2 que mostra mais diferenças entre a MA, a MMA e a ME.

Produção em Massa	Produção Enxuta	Agilidade
- Investimento em equipamentos e facilidades - Trabalho altamente manual	- Investimentos em tecnologia - Camadas removíveis - Redução do desperdício	- Investimento em sistemas de informação e pessoal - Trabalho multi-habilitado - Grande porte, equipes reconfiguráveis
- Pouca interação com o trabalhador - Muitas camadas	- Interação com o trabalhador - Formação de equipes	- Parcerias em todos os estágios de manufatura - Equipes direcionáveis para o trabalho, gerenciamento da mudança
- Tempo de desenvolvimento de produto em anos - Qualidade inconsistente	- Processo Estável - Tempo de desenvolvimento de produto em meses -Alta qualidade no momento da venda	- Tempo de desenvolvimento de produto em dias - Alta qualidade durante toda a vida útil do produto

Quadro 3.2 - Diferenças e relações conceituais entre as três eras industriais (NELSON & HARVEY, 1995)

Grandes investimentos também são feitos com a intenção de flexibilizar a cadeia produtiva, estabelecendo-a em módulos destacáveis (células isoladas), se assemelhando em

muito das chamadas camadas removíveis da produção enxuta. Em se tratando de pessoal, a produção em massa apresenta uma característica hierarquizada, estanque em pequenas camadas e com pouca interatividade entre camadas produtivas diferentes (GODINHO, 2004). Já a produção enxuta apresenta uma maior interação entre as camadas, denotando a formação de times especializados e integração horizontal (GODINHO, 2004).

A manufatura ágil tem características bastante interativas, com alto fluxo de informação entre células diferentes, formação de parcerias dos times multi-habilitados, e ampla manutenção da previsão da mudança, ponto este que é muito influenciado por esta integração (YUSSUF *et al*, 1999). No que diz respeito ao desenvolvimento de produto, os autores salientam que as três eras produtivas diferem no tempo de desenvolvimento de projeto até a sua produção e na qualidade. Nenhum tipo de informação pertinente sobre a diferença na qualidade dos produtos produzidos segundo um ou outro sistema de manufatura foi encontrado. Importante é entender que estas três eras produtivas se desenvolvem atualmente lado a lado, em diferentes setores de diferentes indústrias (GODINHO, 2004). Contudo, estas foram criadas em épocas econômicas, políticas e sociais decorrentes, o que explica a proposição de que cada uma evoluiu da era anterior.

Existem diversas diferenças entre a MA e a MR também. A seguir é apresentado o Quadro 3.3, que compara a MA e a MR (também conhecida como competição baseada no tempo, conforme visto no capítulo 2), destacando semelhanças e diferenças.

Item	Semelhanças	Diferenças
Mercado	• Em relação ao mercado, a TBC e a MA se assemelham por não atenderem a qualquer mercado. • Introdução de novos produtos. • Satisfação do cliente.	Na MA seu principal direcionador é a mudança. Está inserida num ambiente de maior turbulência. Capacidade de reconfiguração da empresa e ampla variedade do mix de protudos. Na TBC, o fator primordial para se conseguir liderança competitiva é o tempo das atividades e dos processos. Menos preparada para sofrer as consequências de um ambiente mais turbulento.
Objetivos de desempenho de produção	• Qualidade, velocidade, pontualidade e produtividade são caracteristicas encontradas tanto para a MA quanto para a TBC.	A TBC, por ter um direcionamento mais relacionado ao tempo, apresenta um maior desempenho em velocidade, pontualidade e produtividade, dentro dos seus processos (redução do ciclo total). Já a manufatura ágil tem um direcionamento mais focado nas mudanças dos processos (redução do ciclo de vida dos processos da empresa) e dos produtos.
Parcerias	• Formação rápida de parcerias; • Estratégia de relacionamento com clientes; • Estrita relação com fornecedores e auto grau de confiança;	A Manufatura Ágil se destaca pela criação de empresas virtuais como mecanismos que possibilitam a empresa estar sempre mais perto do cliente, sanando suas necessidades, de forma a firmar cada vez mais a parceria empresa-consumidor.
Flexibilidade	• Ambos os paradigmas enfocam a flexibilidade como direcionadores no processo de ganho de vantagem competitiva.	A MA dispõe da flexibilidade a curto prazo voltada para a mudança nos processos e na linha de produtos. Já a TBC usa o fator flexibilidade de forma a potencializar a resposta rápida, através do enfoque do tempo como gerenciador critico e o parâmetro estratégico, reduzindo o tempo do ciclo total de produção, usando da resposta para estar mais perto dos clientes.
Interatividade	• Proatividade • Engenharia simultânea. • Integração da empresa e entre empresas. • Individuos capacitados trabalhando em equipe. • Crescimentodo aprendizado e das habilidades pessoais.	Na Matufatura Ágil a capacidade de interação da empresa como um todo prepara a empresa para responder rapidamente as mudanças que são requeridas pelo mercado. Na Competição Baseada no Tempo, as vantagens de possuir os setores da cadeia produtiva inter-relacionados estão ligados a redução de lead time das atividades de resposta ao cliente, maior velocidade e redução de atividades que não agregam valor.
Tecnologia	• Ferramentas de auxilio da flexibilidade e integração. • Estruturas de software e hardware.	Na MA, facilita a rápida troca na montagem de produtos e processos. O grande ganho é a utilização da tecnologia da informação, empregada para que ocorra uma efetiva integração. Na TBC, utiliza-se das ferramentas tecnológicas com o objetivo de diminuição do tempo no ciclo de produção e na automação dos processos.

Fonte: Adaptado de Gunasekaran (1999).

Quadro 3.3: Semelhanças e diferenças entre a MA e a MR

Por fim, vale ressaltar as diferenças entre a MA e a CM. A seguir é apresentado o quadro 3.4 proposto por Fernandes & Godinho (2005) que mostra semelhanças e diferenças entre a MA e a CM.

Manufatura Ágil Versus Customização em Massa — Semelhanças e Diferenças

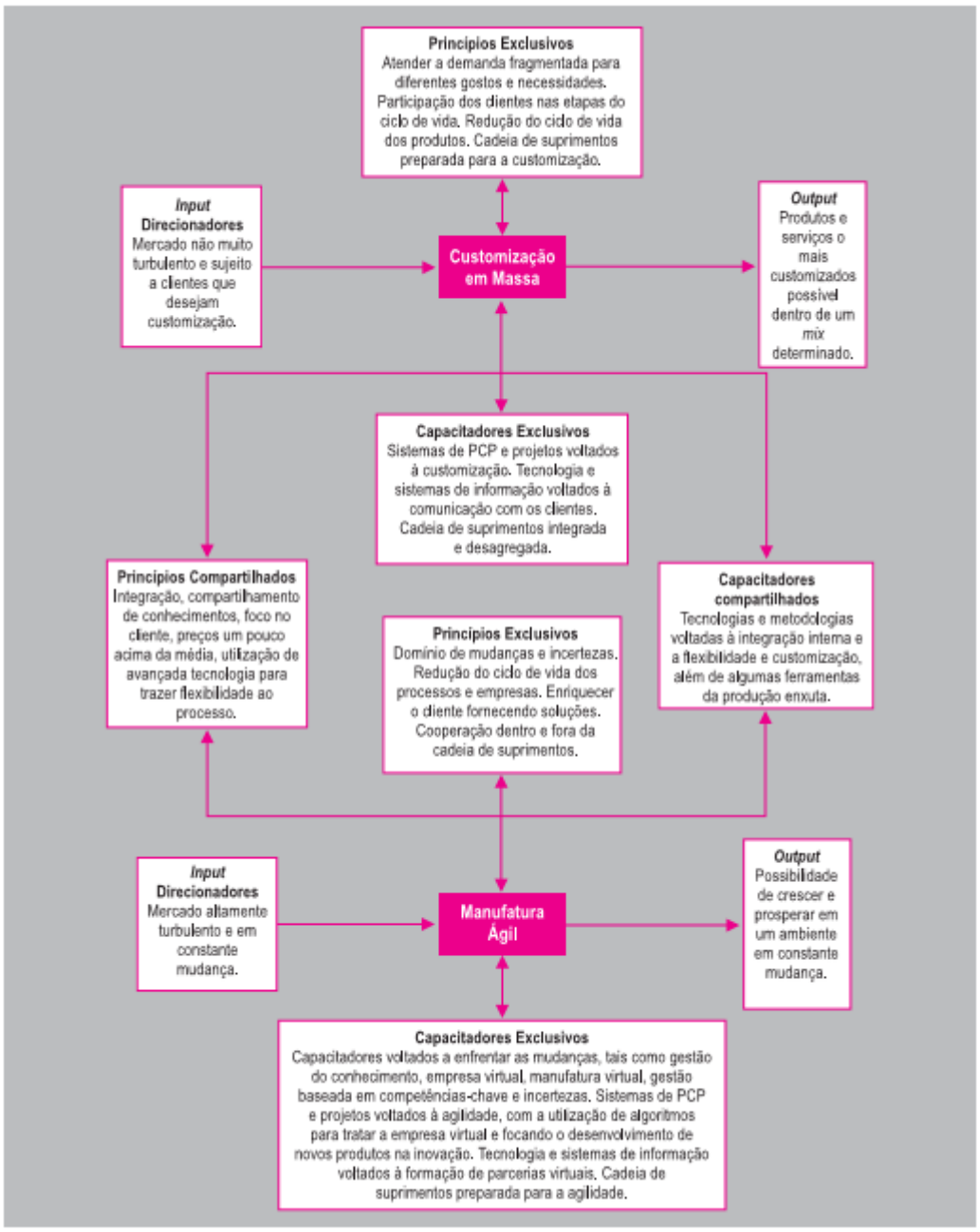
Elemento-chave do Paradigma	Semelhanças	Diferenças
Direcionadores	• Ambos os paradigmas não são direcionados a todas as empresas. • Demanda por produtos customizados pode ser entendida como uma mudança.	• O principal direcionador da MA é a mudança; já o da CM é a existência de um mercado desejando a customização e a possibilidade de customização dos produtos.
Objetivos Estratégicos	• Semelhanças na ênfase dada aos objetivos ganhadores de pedidos e qualificadores.	• Apesar de os objetivos ganhadores de pedidos serem basicamente os mesmos, eles estruturam-se de forma completamente diferente para atingir os objetivos **customabilidade** e agilidade.
Princípios	• Princípios comuns: integração, compartilhamento de conhecimentos, foco no cliente, preços um pouco acima da média, utilização de avançada tecnologia para trazer flexibilidade ao processo.	• Na MA a empresa deve dominar as mudanças e incertezas do mercado no qual a empresa está inserida; já a CM preocupa-se em atender o cliente dentro de sua gama de produtos. • A CM enfatiza a redução dos ciclos de vida dos produtos; a MA, a redução dos ciclos de vida dos processos e das empresas. • A cooperação externa é muito mais enfatizada na MA.
Capacitadores	• Capacitadores comuns: tecnologias e metodologias voltadas à integração interna e flexibilidade no processo, além de algumas ferramentas da produção enxuta.	• Capacitadores diferem quanto à utilização de técnicas para enfrentar grandes mudanças e incertezas (enfatizado na MA), quanto aos sistemas de PCP e de projetos, quanto às ênfases das tecnologias de integração externa e quanto ao comportamento da cadeia de fornecimentos.

Quadro 3.4: Manufatura Ágil versus Customização em Massa – Semelhanças e Diferenças

Fonte: Fernandes & Godinho (2005)

A seguir é apresentada a figura 3.1 também proposta por Fernandes & Godinho (2005) que mostra mais diferenças entre a MA e a CM.

Figura 3.1: A Customização em Massa e a Manufatura Ágil



Fonte: Fernandes & Godinho (2005)

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 o custo, com o valor agregado ao produto por cada operação e não mencionar a produtividade.

3.6 CASOS EMPRESARIAIS E CRÍTICAS

Agora serão apresentados exemplos de empresas e/ou setores que utilizam cada um dos Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura abordados ao longo da monografia e apresentadas algumas críticas com relação à utilização do PEGEM por parte dessas empresas.

Referente à MMA merece destaque o setor de calçados como um dos que utiliza esse sistema de manufatura. A utilização da MMA por parte do setor de calçados é condizente com o que é apresentado sobre esse PEGEM, pois trata-se de um setor que possui como principal objetivo de desempenho o ganho de escala pela relação produtividade/custo, é um setor que produz produtos padronizados, em grandes quantidades, porém com baixa diversidade entre os produtos, variando muito as cores dos calçados e o tamanho.

Com relação a ME, além da Toyota, que é a pioneira nesse PEGEM, é utilizada também, de acordo com Henderson & Larco (2000), pela Dell Computers (empresa que fabrica computadores e materiais de informática). Já Womack & Jones (1998) afirmam que a Lantech (fabricante de máquinas embaladoras), a Wireworld (fabricante de fiações para transmissão de energia e estabilizadores e filtros de linha de proteção de equipamentos eletrônicos) e a Pratt & Whitney Company (fabricante de motores para jatos militares) são empresas enxutas. A utilização da ME por parte de todas essas empresas é adequada de acordo com o apresentado a cerca desse PEGEM, pois são empresas inseridas em setores no qual os mercados são estáveis, previsíveis e pouco turbulentos, a qualidade é o principal objetivo de desempenho, além de serem empresas que trabalham com produções em pequena quantidade, com diferenciação dos produtos em termos de preço e/ou qualidade.

A MR é utilizada de acordo com Stalk & Holt (1993) por empresas como a Walmart (loja de departamentos), Atlas Door (fabricante de portas industriais), Ralph Wilson Plastics (fabricante de laminadores decorativos), Thomasville (produz móveis) e de acordo com Handfield (1995) por grandes empresas tais como a Hewlett Packard, a Xerox, a Northern Telecom e a Motorola, sendo que essas utilizam práticas responsivas. Trata-se de empresas que tem como principal diferencial o tempo de produção e entrega, a confiabilidade (velocidade e pontualidade) e também a alta variedade de produtos. Além disso, o tempo é um fator muito importante para os clientes no setor em que estão inseridas essas empresas, pois eles desejam pontualidade na entrega de seus produtos e/ou serviços, podendo até mesmo pagar mais caro em alguns casos para que a entrega seja feita o mais rápido possível.

Portanto, a utilização da MR por parte dessas empresas é a escolha mais adequada, de acordo com as características dos setores dessas empresas e com as características da MR.

Falando sobre a CM, segundo Pine (1993) algumas empresas estão se movendo incrementalmente e lentamente para a CM. É o caso de empresas tais como a Toyota (automobilística), a IBM Rochester (computadores) e a Bally Engineered Structures (estruturas para outdoors, refrigeradores, dentre outros). Pine (1993) cita também empresas que sofreram aumento dramático de turbulência e que necessitam se mover para a CM, tais como a Divisão de Pagers da Motorola, a SMH (fabricante de relógios suícos) e a Computers Products Inc. (indústria de computadores). Pine (1993) cita ainda empresas que criaram novos negócios baseados na CM, tais como a Francé Telécom (indústria de telecomunicações), a Azimuth Corporation (empresa que produz filme para produção de posters, banners, etc.) e a Personics Corporation (empresa que produz fitas cassetes para música). Essas empresas estão inseridas em setores nos quais a demanda é instável, o mercado é turbulento, que sofrem bastante influência dos avanços tecnológicos e que o gosto dos clientes muda constantemente. Fornecer aos clientes variedade de produtos e serviços a um preço acessível, ou seja, oferecer o que o cliente quer, com as especificações desejadas e a um preço que esteja compatível com o mercado, fornecer produtos e serviços customizados, em alto volume, com altíssimo grau de flexibilidade dos processos são deveres dessas empresas. Daí algumas empresas, como as citadas acima estarem se movendo para a CM, o que é condizente com as características de mercado do setor e com o apresentado a cerca da CM.

Já referente a MA, Goranson (1999) cita a Sikorsky (empresa de aviação), a Westhinghouse (empresa que fornece produtos eletrônicos complexos) e a Taligent (empresa fornecedora de softwares e que é formada pela associação de grandes empresas tais como a IBM, a Apple e a Hewlett Packard) como empresas ágeis. São empresas inseridas em setores no qual os avanços tecnológicos são constantes, o mercado é extremamente turbulento e que sofrem alta influência dos avanços da tecnologia. Trata-se de empresas com alta capacidade de se reconfigurar diante das mudanças constantes, inesperadas e em muitas das vezes irreversíveis que o mercado vem sofrendo. Além disso, trata-se de empresas em que o fluxo de informação é alto, explorando a tecnologia da informação para se comunicar com os clientes, fornecedores e parceiros. De acordo as características dessas empresas e dos setores no qual elas estão inseridas a MA é o PEGEM mais adequado para essas empresas, pois de acordo com o apresentado trata-se do melhor PEGEM para casos em que o mercado sofre com grandes turbulências, em que as mudanças são constantes e no qual a empresa deve ter

capacidade de prosperar diante dessas constantes mudanças e se manter competitiva e lucrativa.

Esses são os exemplos de empresas e/ou setores que utilizam cada um dos PEGEMs abordados na monografia.

De acordo com o apresentado ao longo da monografia, é possível concluir que os Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura foram evoluindo ao longo do tempo e surgindo novos PEGEMs de acordo com as exigências, mudanças e turbulências no mercado foram aumentando, com a evolução das tecnologias e sistemas de informação e globalização. Dessa forma, a partir do momento em que não se conseguia mais atender às exigências de mercado e dos clientes, novos PEGEMs foram surgindo para suprir essas necessidades dos clientes. Porém, é importante destacar que mesmo com os PEGEMs evoluindo ao longo do tempo, não quer dizer que, por exemplo, a Manufatura Ágil seja a mais adequada para qualquer tipo de mercado. Cada PEGEM tem seu melhor desempenho em determinados mercados e em determinados objetivos específicos. Logo, a Manufatura Ágil dificilmente terá uma eficiência maior do que, por exemplo, a Manufatura em Massa Atual em termos de produtividade/custo, pois esse PEGEM o tem como principal objetivo de desempenho estratégico. Da mesma forma que em termos de agilidade e adaptabilidade a Manufatura Ágil terá um desempenho superior não só do que a Manufatura em Massa Atual, mas também com relação aos demais PEGEM abordados.

Portanto, a escolha adequada do PEGEM ideal para ser inserido em determinada empresa requer primeiramente um estudo das características de mercado, do nível de exigência dos clientes e principalmente do ramo de negócio ao qual está inserida a empresa e também os seus objetivos de desempenho em termos de produção e atendimento aos clientes.

Na próxima seção é apresentada a conclusão da monografia, destacando se os objetivos foram ou não atingidos bem como as contribuições da monografia e feitas recomendações para pesquisas futuras a cerca do assunto abordado.

4 CONCLUSÕES

Através da monografia foi possível atingir o objetivo geral, que era avaliar vantagens e limitações em um sistema de manufatura ágil, onde foi destacado que se trata de um PEGEM que utiliza diversas ferramentas e tecnologias, que possui um alto custo de implementação, mas que possui diversas vantagens em relação a outros sistemas, tais como a agilidade na entrega do produto ou serviço para o cliente, a grande capacidade de prosperar diante de um mercado em constante mudança, devido ao alto grau de flexibilidade desse sistema em mudar produtos e processos, o que não é encontrado em outros sistemas, tais como a MMA e a ME.

Além disso, foi atingido também o objetivo específico, que era fazer um estudo sobre o estado da arte da manufatura ágil e comparar com os demais PEGEMs, conforme apresentado no capítulo 3. Através desse estudo ficou claro que os PEGEMs são muito semelhantes entre si, porém cada um tem um enfoque maior em termos de objetivos de desempenho ganhadores de pedidos e qualificadores. Logo, cada sistema foca mais em um objetivo específico, seja qualidade, agilidade, customabilidade, produtividade/custo ou confiabilidade, porém todos os sistemas englobam em algum momento do processo de produção alguns desses objetivos, porém com um enfoque diferente, conforme pudemos ver ao longo da monografia.

Para finalizar, o estudo serve de base para esclarecer diferenças entre os Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs) e pode ser mais aprofundado com dados quantitativos em pesquisas futuras, já que a monografia em questão fez um estudo qualitativo dos sistemas, em nenhum momento trazendo dados quantitativos. Esse estudo pode tornar ainda mais claro as diferenças entre os PEGEMs e até mesmo ajudar na escolha de qual sistema implementar em uma empresa para melhorar indicadores de desempenho e obter resultados significativos.

REFERÊNCIAS

BALSMEIER, P.W. & VOISIN, W.J.: **Rapid prototyping: State of the art manufacturing**. Industrial Management, vol. 39, n. 1, pp. 1-4, 1997.

BARKMAN, F.D.: **Team Discipline: Put performance on the line**. Personal Journal, pp. 58-63, March 1987.

BOOTH, R.: **Agile Manufacturing**. Engineering Management Journal, vol. 6, n.2, pp.105-112, April 1996.

BOWER, J.L. & HOUT, T.M.: **Fast Cycle capability for competitive power**. Harvard Business Review, pp. 110-118, November-December, 1988.

BOYER, K.K.: **An assessment of managerial commitment to lean production**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, no 9, pp.48-59, 1996.

BUFFA, E.S.: **Meeting the Competitive Challenge**, Irwin, 1984.

CHO, H.; JUNG, M.Y.; KIN, M.: **Enabling technologies of Agile Manufacturing and its related activities in Korea**. Computers and Industrial Engineering, vol. 30, pp. 323-334, 1996.

CHOI, T.: **Conceptualizing continuous improvement: Implications for organizational change**. Omega – International Journal of Management Science, vol. 23, n. 6, pp. 607-624, 1995.

CLARKE, L.: **The Essence of Change**. Essence of Management Series, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA,1994.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTAIN, D.; FOGLIATTO, F.S.: **Mass Customization: Literature review and research directions**. International Journal of Productions Economics. Vol. 72, pp. 1-13, 2001.

DA SILVEIRA, G & SLACK, N: **Exploring the trade off concept**. International Journal of Operations and Production Management, vol. 21, n. 7, pp. 949-964. 2001.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTAIN, D.; FOGLIATTO, F.S.: **Mass Customization: Literature review and research directions**. International Journal of Productions Economics. Vol. 72, pp. 1-13, 2001.

DAVIS, S.M.: **Future perfect**. Mass: Addison Wesley, 1987.

DE VOR, R.; GRAVES, R.; MILLS, J.J.: **Agile manufacturing research: accomplishments and opportunities**. IIE Transactions, vol. 29, pp. 813-823, 1997.

DENNIS, S.; KING, B.; HIND, M.; ROBINSON, S.: **Applications of business process simulation and lean techniques in British Telecommunications PLC**. Winter Simulation Conference Proceedings, vol.2, pp.2015-2021, 2000.

DOWNLATSHAHI, S.: **Early Supplier Involvement – a design-based sourcing. In: GUNASEKARAN, A**. (editor): Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy, Elsevier, 2001.

DURAY, R.; WARD, P.T.; MILLIGAN, G.W.; BERRY, W.L.: **Approaches to mass customization: configurations and empirical validation**. Journal of Operations Management, vol.18, pp.605-625, 2000.

EASTWOOD, M.A.: **Implementing mass customization**. Computers in Industry, vol. 30, pp.171-174, 1996.

FEITZINGER, E. & LEE, H: **Mass Customization at Hewlett Packard: The power of postponement**. Harvard Business Review, vol.75, n. 1, pp. 116-121, 1997.

FERNANDES, F.C.F.: **"A pesquisa em Gestão da Produção : evolução e tendências"**. In (CD-ROM): XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção(ENEGEP) e V International Congress of Industrial Engineering (ICIE), Rio de Janeiro, RJ, UFRJ/ABEPRO, Novembro 1999.

FERNANDES, F.C.F. & MACCARTHY, B.L.: **"Production Planning and Control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts"**. Proceedings of the 15th International Conference on CAD/CAM, Robotics & Factories of the Future (CARS&FOF'99), Aguas de Lindóia-Brazil, v. 1, pages from MF2-1 to MF2-6, August 1999.

FERRAZ, J.C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L.: **Made in Brazil – Desafios Competitivos para a Indústria**, Editora Campus, 3a edição, 1997.

FILIPPINI,R.: **Operations management research : some reflections on evolution, models and empirical studies in OM**. International Journal of Operations and Production Management, v.17, n.7, pp.655-670, 1997.

FLYNN, B.B.; SCHROEDER, R.G.; FLYNN, E.J.: **World Class Manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation**. Journal of Operations Management, vol.17, pp.249-269, 1999.

FRANCIS, D.: **Managing People in Agile Organizations**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy, Elsevier, 2001.

GILMORE, J. & PINE, J.: **The four faces of mass customization**. Harvard Business Review, vol. 75, n.1, pp.91-101, 1997.

GODINHO FILHO, M.: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2001.

GODINHO FILHO, M.; CAMPANINI, L.; VITA, R.A.S.: **A interação MRPII – PERT/CPM: estudo de caso e proposta de um sistema híbrido**. Produção, Artigo aprovado para publicação, 2003.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura – configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GODINHO FILHO, M. & FERNANDES, F.C.F.: **Identificação e análise do foco de três abordagens para a produção enxuta**. Revista de Ciência & Tecnologia, vol. 10, n. 19, pp. 39-50, 2002a.

GODINHO FILHO, M. & FERNANDES, F.C.F.: **Manufatura ágil e customização em massa: conceitos, semelhanças e diferenças**. R.Adm., São Paulo, v.41, n.1, p.81-95, jan./fev./mar. 2006

GODINHO FILHO, M. & FERNANDES, F.C.F.: **Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras**. Revista Gestão & Produção. Artigo aprovado para publicação, submetido em 2003c.

GOLDHAR, J.D. & JELINEK, M.: **Plans for economies of scope**. *Harvard Business Review*, vol. 61, n.6, November-December, pp. 141-148, 1993.

GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.: **Management, technology and agility: The Emergence of a new era in manufacturing**. International Journal of Technology Management, vol. 8, pp. 18-38, 1993.

GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K.: **Agile Competitors and Virtual Organizations**, Van Nostrand Reinhold, New York, 1995.

GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K.; DOVE, R.: **Iacocca Institute: 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy, An industrial Led View**, vols. 1 & 2. Iacocca Institute, Bethlehem, PA, 1991.

GORANSON, H.T.: **The Agile Virtual Enterprise – Cases, Metrics, Tools**. Quorum Books, Westport, Connecticut, London, 1999.

GUNASEKARAN, A.: **Agile manufacturing: A framework for research and development**. International Journal of Production Economics, vol. 62, pp. 87-105, 1999.

GUNASEKARAN, A. & LOVE, P.E.D.: **A review of multimedia technology in manufacturing**. Computers in Industry, vol. 38, pp.65-76, 1999.

HANDFIELD, R.B.: **Reengineering for time-based competition**. Business One Irwin, Homewood, IL, 1995.

HAYES, R.H. & WHEELWRIGHT, S.C.: **Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing**. Wiley, New York, 1984.

HENDERSON, B.A. & LARCO, J. L.: **Lean Transformation**. The Oaklea Press. Richmond. Virgínia, 2000.

JAGDEV, H. & BROWNE, J.: **The extended enterprise – a context for manufacturing**. Production Planning and Control, vol. 9, n.3, pp. 216-229, 1998.

KOTHA, S.: **Mass Customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage**. Strategic Management Journal, vol.16, pp. 21-42, 1995.

KOTHA, S.: **Mass Customization: a strategy for knowledge creation and organizational learning**. International Journal of Technology Management, vol.11, n.7/8, pp.846-858, 1996b.

KOUFTEROS, X.A.; VONDEREMBSE, M.A.; DOLL, W.J.: **Developing measures of time-based manufacturing**. Journal of Operations Management, vol.16, pp. 21-41, 1998.

KRITCHANCHAI, D. & MACCARTHY, B.L.: **Responsiveness and strategy in manufacturing**. Proceedings of the workshop Responsiveness in Manufacturing, digest no 98/213, IEE, London, 1998.

LAU, R.: **Mass Customization: The next industrial revolution**. Industrial Management, vol.37, n.5, pp.8-9, 1995.

LAU, H.C.W. & WRONG, E.T.T.: **Application of Information Technology in Agile Manufacturing**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy, Elsevier, 2001.

MACCARTHY, B.L. & FERNANDES,F.C.F.: "**A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems "**. Production Planning & Control, v.11, no 5, pp. 481-496, 2000.

MASKWELL, B.H.: **An introduction to Agile Manufacturing**. Internet: http://www.maskwell.com/agile/htm, 1997.

MCCUTHEON, D.M.; RATURI, A.S.; MEREDITH, J.R.: **The customization responsiveness squeeze**. Sloan Management Review, vol. 35, n. 2, pp. 89-99, 1994.

MEADE, L.M. & SARKIS, J.: **Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: na analytical network approach**. International Journal of Production Research, vol. 37, nº 2, 1999.

MEYER, M.H.; TERTZAKIAN, P.; UTTERBACH, J.M.: **Metrics for managing research and development in the context of product family**. Management Science, vol. 43, pp.88-11, 1997.

MILLEN, R.: Time-based Logistics. In: BLACKBURN, J. (editor): **Time-based Competition – The next Battleground in Manufacturing**. Business One Irwin, Homewood, IL, 1991.

MONDEN, Y.: **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo, IMAM, 1984.

OWEN, D. & KRUSE, G.: **Follow the custumer**. Manufacturing Engineering, vol. 118, n. 4, pp. 65-68, 1997.

PANIZZOLO, R.: **Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management**. International Journal of Production Economics, 55, pp.223-240, 1998.

PINE, B. J.: **Mass Customization: The New Frontier in Business Competition**. Harvard Business School Press, Boston, Massachussets, 1993.

PINE, B. J.; VICTOR, B.; BOYTON, A.: **Making mass customization work**. Harvard Business Review, vol.71, n.5, pp.108-111, 1993.

PRAHALAD, C.H. & HAMEL, G.: **The core competence of the corporation**. Harvard Business Review, pp. 79-91, May-June, 1990.

RAO, S.S. & NAHM, A.: **Information Systems For Agile Manufacturing Environment in the Post-Industrial Stage**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): *Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy*, Elsevier, 2001.

ROTHER, M. & SHOOK, J.: **Aprendendo a enxergar**. Lean Institute Brasil, 1998.

SHARIFI, H. & ZHANG, Z.: **A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: An Introduction**. International Journal of ProductionEconomics, vol. 62, pp. 7-22, 1999.

SHARP, J.M.; IRANI, Z.; DESAI, S.: **Working towards agile manufacturing in the UK industry**. International Journal of Production Economics, vol. 62, pp. 155-169, 1999.

SKINNER, W.: **The focused factory**. Harvard Business Review, May-June, 1974.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A. & JOHNSTON, R. (1997). **Administração da Produção**. Ed. Atlas, 1997.

SMIRNOV, A.V. & CHANDRA, C.: **Information Technologies for Supply Chain Management**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy, Elsevier, 2001.

SONG, L. & NAGI, R.: **Design and Implementation of a virtual information system for agile manufacturing**. IIE Transactions, vol. 29, n.1, pp. 839-857, 1997.

STALK, G.: **Time – The next source of competitive advantage**. Harvard Business Review, pp. 41-51, July-August, 1988.

STALK, G. & HOUT, T.: **Competing against time**. The Free Press, New York, 1990.

SULLIVAN, W. G., MCDONALD, T.N., and VAN AKEN, E. M.: **Equipment replacement decisions and lean manufacturing.** Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 18, pp.255-265, 2002.

TOWILL, D.R.: **Engineering the Agile Supply Chain**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): *Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy*, Elsevier, 2001.

TSENG, M.M. & JIAO, J.: **Case-based evolutionary design for mass customization**. Computers and Industrial Engineering, vol. 33, n. 1-2, pp. 319-323, 1997.

TU, Q.; VONDEREMBSE, M.A.; RAGU-NATHAN, T.S.: **The impact of time-based manufacturing practices on mass customization and value to customer**. Journal of Operations Management, vol.19, pp.201-217, 2001.

TUROWSKY, K.: **Agent-based e-commerce in case of mass customization**. International Journal of Production Economics, vol.75, pp.69-81, 2002.

WOMACK, J., JONES, D. & ROSS, D.: **A Máquina que Mudou o Mundo**. Ed. Campus. 14o Edição, 1992.

WOMACK, J.P. & JONES, D.T.: **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Ed. Campus, 5o Edição, 1998.

YUSUF, Y.Y.; SARHADI, M. & GUNASEKARAN, A.: **Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes**. International Journal of Production Economics, vol. 62, 1999.

ANEXO E – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.