

## 1. Introdução

O sucesso competitivo de uma empresa é uma consequência direta do desempenho superior das operações da função manufatura em relação aos seus concorrentes. Se os seus produtos atendem às necessidades do consumidor de forma mais pontual que os seus concorrentes, é fato que a empresa alcançou vantagem competitiva (SLACK,1993).

“Os consumidores e os concorrentes são ambos centrais para uma operação de manufatura competitiva porque definem suas metas sucintamente: satisfazer um e ser melhor que o outro”. (SLACK, 1993, p.18). O mesmo autor define cinco objetivos de desempenho da manufatura: qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo. A definição desses objetivos leva ao desenvolvimento de um conjunto consistente de operações de produção, e/ou de desenvolvimento de produtos, que resultem em valor para o consumidor. Se, ademais, a arquitetura dessas operações não é facilmente copiável pelos competidores, o resultado é uma posição competitiva favorável.

Esta dissertação tratará, especificamente de um dos aspectos no desenvolvimento dessas operações, a aquisição de Tecnologia Avançada de Manufatura, ou simplesmente AMT (*Advanced Manufacturing Technology*).

As AMTs são equipamentos e/ou procedimentos computacionais que suportam os seus objetivos de confiabilidade, flexibilidade e eficiência, tanto na produção quanto no desenvolvimento de produtos. São exemplos dessas tecnologias: CAD - *Computer Aided Design*, CAE - *Computer Aided Engineering*, CAM - *Computer Aided Manufacturing*, NC - *Numerical Control Machines*, CNC - *Computer Numerical Control*, CAPP - *Computer Aided Process Planing*, AGVs - *Automated Guided Vehicle Systems* e o MRPII - *Manufacturing Resource Planning*.<sup>1</sup>

Small (1998) descreve que, a partir da década de 80, houve uma troca na base de competição em mercados de produtos manufaturados, pois se antes as despesas com qualidade e flexibilidade eram inferiorizadas, hoje elas tem foco e grande

---

<sup>1</sup> As tecnologias citadas são detalhadas no capítulo 2 “Estratégia de Manufatura”.

importância estratégica. Devido a necessidade de ajuste a essas mudanças, a importância em avaliar tecnologias de manufatura foi realçada. Esses sistemas oferecem às empresas um potencial competitivo ao favorecer a entrada mais cedo no mercado com um produto diferenciado, uma resposta mais rápida às necessidades dos clientes, além de oferecer produtos com mais qualidade, consistência e confiança.

A decisão pelo alcance de competitividade é também uma decisão por determinado investimento. Cassarotto Filho e Kopittke (2000) afirmam que de acordo com as contingências ligadas aos investimentos, a avaliação envolverá desde critérios puramente monetários até critérios de mensuração mais complexos, como vantagens estratégicas.

Investir em AMT não é somente a escolha do software ou hardware a ser utilizado, pois torna-se necessária uma análise dos ganhos que a empresa terá com a adoção, sendo preciso identificar e quantificar os benefícios, sejam eles tangíveis ou intangíveis.

### **1.1 Definição do Problema**

A extensa literatura sobre análise de investimento em AMT demonstra ser esse um tema atual, instigante e complexo. Muito se debate sobre os tipos de estratégias de avaliação e técnicas que se constituem suficiente para justificação de adoção da AMT.

Muitas são as pesquisas sobre as ferramentas e metodologias utilizadas na justificação de adoção das tecnologias de manufatura. O artigo de Feraidoon Raafat (2002), intitulado *“A comprehensive bibliography on justification of advanced manufacturing systems”* traz um levantamento das várias abordagens de justificação de investimentos em novas tecnologias de manufatura, relatadas em 231 artigos publicados na década de 90. Mais recentemente, Ariss, Raghunathan e Kunnatharl (2000), Bayazit (2005), Burcher e Lee (2000), Chan *et al* (2001), Diaz, Gil e Machuca (2005), Eftathiades, Tassou e Antoniou (2002), Gupta e Whitehouse (2001), Karsak e Tolga (2001), Hofmann e Orr (2005), Kengpol e O’Brien (2001), Saleh, Hacker e

Randhawa (2001), Small (2006), Small (2007), Small e Yasin (2003), Teng e Seetharaman (2004), Yurdakul (2002), Yusuff, Yee e Hashmi (2001), Chakraborty e Dey (2006), Jaganathan, Eringeri e Ker (2007), dentre outras publicações, permitem concluir que não há um conjunto de técnicas prontamente acessíveis e aceitáveis para avaliar todos os benefícios oferecidos pelas tecnologias. (Small e Chen, 1995; Chan *et al*, 2001).

Para facilitar a compreensão e delimitação, os problemas relacionados à adoção de tecnologias de manufatura serão categorizados da seguinte forma:

Problema 1 – Os métodos financeiros tradicionais não atendem a avaliação de AMT devido ao alto grau de incerteza presentes na avaliação:

A adoção de AMT revela ser este um investimento com alto custo financeiro e alto risco, devido ao grau de incerteza presente na avaliação (SMALL e CHEN, 1995; SALEH, HACKER e RANDHAWA, 2001, SAMBASIVARAO e DESHMUKH, 1995). Estes tipos de investimentos requerem elevada despesa com capital inicial que não são justificados facilmente por métodos tradicionais de avaliação financeira. O período de retorno do investimento é geralmente mais longo do que tradicionalmente requerido por outros empreendimentos empresariais. Como consequência, inicialmente o investimento pode resultar em um aumento no custo de fabricar. As diferenças operacionais e tecnológicas entre as empresas podem alcançar taxas diferenciadas de melhoria, resultando em uma política conservadora, levando algumas organizações a não adotarem tecnologias de manufatura (SALEH, HACKER e RANDHAWA, 2001; CHAN *et al*, 2001; ORDOOBADI e MULVANEY, 2001).

Problema 2 – Dificuldade de mensurar, na avaliação de AMT, os benefícios intangíveis:

Saleh, Hacker e Randhawa (2001) e Udo e Ehie (1996) relatam que o desafio da justificação de projetos de tecnologia de manufatura é a incorporação de benefícios tangíveis e intangíveis. Benefícios como melhores decisões a partir do fluxo de informação aprimorado, aumento da flexibilidade produtiva, melhoria na

coordenação dos processos e pessoas, ampliação da vantagem competitiva e agilidade em responder a demanda, são exemplos de benefícios intangíveis difíceis de mensurar.

Segundo Small (2006) existe muita dúvida quanto aos benefícios tangíveis e intangíveis que podem ser gerados com a implantação de AMT. Qualquer falha na quantificação dos benefícios é prejudicial para o processo de tomada de decisão que determinará se o projeto será aceito ou não. Enquanto os custos (hardware, software, planejamento, treinamento, operação, etc) e os benefícios operacionais (redução de mão-de-obra, aumento de produção, etc) são geralmente fáceis de serem quantificados, a maioria dos benefícios estratégicos são de difícil estimativa (SMALL, 2006). A capacidade de avaliar a verdadeira performance da AMT é diminuída se todos os benefícios (tangíveis e intangíveis) não são quantificados no processo de justificação (SMALL e CHEN, 1995).

Ordoobadi e Mulvaney (2001) e Holfmann e Orr (2005), descrevem sobre a limitação da análise econômica tradicional para avaliar AMT. Para minimizar os riscos e incertezas, muitas empresas impõem taxas de retorno extremamente altas e/ou payback de curto prazo. De acordo com os autores, se o projeto for baseado em avaliações econômicas é quase impossível justificar o investimento em AMT, pois somente projetos que demonstrem alta lucratividade serão aceitos. Chan *et al* (2001), sinalizam que a contabilidade de custos convencional não avalia melhorias como qualidade, flexibilidade, atendimento ao consumidor, efeitos esses provenientes da AMT.

Holfmann e Orr (2005) descrevem que existem seis estágios para a tomada de decisão em investimentos tecnológicos:

1. Geração do projeto
2. Estimação do fluxo de caixa
3. Progresso dentro da organização
4. Análise e seleção da tecnologia
5. Autorização
6. Auditoria

De acordo com os mesmos autores, a maioria das companhias coloca mais ênfase na fase dois do que nas outras fases, significando o aborto de muitos projetos.

A complexidade de avaliação surge devido ao grande número de atributos de decisão e a existência de ambos os fatores: tangíveis, normalmente financeiros, e não tangíveis, e na interação entre esses fatores. O uso somente de metodologias de justificação econômica é inapropriado devido à incapacidade de quantificar e estabelecer relação entre o desempenho dos aspectos quantitativos e qualitativos (SALEH, HACKER e RANDHAWA, 2001).

### Problema 3 – Ausência do reconhecimento estratégico das AMTs

Outra limitação à adoção de AMT está relacionada à visão estratégica da organização. Burcher e Lee (2000) e Voss (1992), afirmam que um motivo determinante para os insucessos na avaliação de tecnologias relaciona-se a falta de pensamento estratégico dos tomadores de decisão. Para Chan *et al* (2001), muitos dos problemas relacionados a AMT são devidos ao desconhecimento do papel estratégico dessas tecnologias. O rígido sistema orçamentário força ao alcance de metas em curto prazo, mas os benefícios estratégicos requerem uma perspectiva de longo prazo, gerando impacto em toda a organização, pois geralmente para a implementação de AMT, deve-se considerar, por exemplo, uma adaptação organizacional em quatro áreas: tecnologia de processo, recursos humanos, estrutura operacional e sistema de informação, conforme descrito por Small e Yasin (2003).

Como conclusão preliminar tem-se: a problemática relacionada no processo de avaliação da adoção de tecnologias avançadas de manufatura é evidenciada na literatura, sendo que as discussões convergem para a dificuldade de avaliar as tecnologias englobando todo o seu campo de atuação, incluindo os benefícios tangíveis e intangíveis a serem alcançados, e os níveis operacionais e estratégicos em que a tecnologia está envolvida.

Surge então, a pergunta da pesquisa: Qual metodologia deve-se utilizar para avaliar o investimento em Tecnologia Avançada de Manufatura, a fim de contemplar os aspectos tangíveis e intangíveis característicos dessa tecnologia?

## **1.2 Objetivos da Pesquisa**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o uso da análise multicriterial para justificativa de investimentos em AMT, como ferramenta que contemple os aspectos tangíveis e intangíveis característicos das tecnologias de manufatura.

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar os aspectos tangíveis e intangíveis que permeiam a análise de investimentos em AMT;
- Identificar na literatura as metodologias atualmente utilizadas para analisar investimentos em AMT;
- Escolher uma das ferramentas identificadas para análise multicriterial, que permita o alcance do objetivo geral;
- Categorizar os aspectos segundo critérios de decisão para a construção de um modelo de decisão;
- Construir o modelo de decisão multicriterial para avaliação de AMTs;
- Implementar o modelo em computador (software).

## **1.3 Justificativa**

As tecnologias de manufatura provem vantagem competitiva em custo e liderança de processo, agregando valor a todo o sistema industrial (ORDOOBADI e MULVANEY, 2001). Udo e Ehie (1996) citam que, os problemas de produtividade que os EUA passaram na década de 80, as histórias de sucesso das indústrias japonesas e a competição global, elevaram os assuntos relacionados à tecnologia de processo para o topo da lista de prioridade estratégica das empresas. Embora a AMT ajude os

fabricantes a competir em ambientes desafiadores, por outro lado essas tecnologias impõem desafios organizacionais na implementação, surgindo a partir daí a necessidade de uma análise de investimentos minuciosa e mais abrangente visando agregar o máximo de variáveis.

A falta de habilidade para realizar uma análise de investimento pode resultar em três situações, conforme descrito por Small e Chen (1995): recusa de projetos que poderiam beneficiar a empresa, investimento em AMT como “ato de fé” e, por último, o uso criativo da contabilidade, acreditando que o investimento superará o custo. O desenvolvimento e o uso de uma abordagem e técnica de justificação apropriada são cruciais para assegurar que os projetos de AMT sejam avaliados em todos os benefícios estratégicos e operacionais, e todos os custos que estão associados a sua aquisição e operacionalização (SMALL, 2006).

Para os autores Small e Chen (1995), existe um consenso geral que a análise de investimento em AMT não pode ser somente financeira, sendo necessária uma abordagem híbrida para avaliar esse sistema complexo, incluindo uma justificação estratégica e financeira. Para Chan *et al* (2001), os tomadores de decisão devem tratar a adoção de AMT com uma perspectiva estratégica, devendo ser avaliadas todas as variáveis que determinarão o sucesso do projeto.

A busca pelo alcance de vantagem competitiva e, ao mesmo tempo, a dificuldade na avaliação de investimentos em AMT, justificam o estudo de ferramentas aplicáveis à minimização dos problemas relatados anteriormente.

A necessidade de uma ferramenta para análise de investimento em AMT que considerasse os aspectos tangíveis e intangíveis, motivou a pesquisadora ao estudo de um modelo multicriterial, denominado Análise Hierárquica de Processos, *Analytical Hierarchical Process* (AHP). De acordo com Jaganathan, Eringeri e Ker (2007), a ferramenta AHP auxilia ao tomador de decisão no melhor ajuste entre as metas organizacionais e os objetivos da manufatura. A vantagem do método AHP reside na habilidade para controlar variáveis intangíveis. É uma ferramenta de fácil manuseio e fácil compreensão matemática. É uma técnica que pode ser utilizada

isoladamente, ou integrada a outros modelos econômicos como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) etc.

#### **1.4 Hipótese**

A técnica de análise multicritério - AHP permite avaliar o investimento em AMT por considerar no modelo de decisão os aspectos tangíveis e intangíveis característicos das tecnologias de manufatura.

#### **1.5 Estrutura da dissertação**

A dissertação está estruturada em sete capítulos com o intuito de apresentar de forma clara e objetiva, o percurso desde o tema proposto até as conclusões finais.

O capítulo 1 apresentou a contextualização do tema proposto, bem como o problema que gerou o estudo. Em seguida, foram apresentados os objetivos gerais e específicos que se pretendeu alcançar com este trabalho, e a contextualização da importância do estudo definida na justificativa. Para finalizar, foi definida uma hipótese para a pesquisa e a descrição da estrutura do trabalho.

O capítulo 2 contextualiza a discussão da avaliação de investimentos em AMT, dentro da gestão estratégica de manufatura.

O capítulo 3, inicialmente, sumariza os benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas AMTs, sendo que, posteriormente são apresentados os métodos e/ ou técnicas encontrados na literatura e atualmente utilizadas para justificação de investimento em tais tecnologias.

O capítulo 4 descreve a ferramenta de análise de multicritério escolhida pelo autor para apoiar a tomada de decisão em investimento em AMT. São apresentados exemplos de aplicação do método AHP em estudos de AMT, bem como as limitações da ferramenta.



O capítulo 5 descreve a metodologia adotada para tratar da problemática diagnosticada pela revisão de literatura.

O capítulo 6 apresenta o detalhamento do estudo de caso, demonstrando o *framework* proposto pelo autor para a coleta e análise dos dados, bem como a apresentação do modelo multicriterial desenvolvido para suportar a decisão por determinada AMT. O capítulo foi concluído com a análise dos resultados.

O capítulo 7 apresenta as conclusões finais sobre a utilização do método multicriterial e suas limitações, assim como recomendações de trabalhos futuros a fim de dar continuidade a esta pesquisa.