

FLÁVIA FERREIRA SANTOS

**ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM AMT (ADVANCED
MANUFACTURING TECHNOLOGY): USO DE UM MODELO
MULTICRITERIAL – AHP (ANALYTIC HIERARCHY
PROCESS)**

**Belo Horizonte
Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais
2008**

FLÁVIA FERREIRA SANTOS

**ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM AMT (ADVANCED
MANUFACTURING TECHNOLOGY): USO DE UM MODELO
MULTICRITERIAL – AHP (ANALYTIC HIERARCHY
PROCESS)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sérgio de Souza - UFMG

**Belo Horizonte
Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais
2008**

FLÁVIA FERREIRA SANTOS

**ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM AMT (ADVANCED
MANUFACTURING TECHNOLOGY): USO DE UM MODELO
MULTICRITERIAL – AHP (ANALYTIC HIERARCHY
PROCESS)**

Dissertação de mestrado defendida junto ao curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia da UFMG, aprovada pela banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Sérgio de Souza – DEP/UFMG - Orientador

Prof. Dr. Eduardo Romeiro Filho – DEP/UFMG

Prof. Dr. Cláudio Jorge Cançado – CETEC-MG

Belo Horizonte, 18 de abril de 2008

**Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais**

DEDICATÓRIA

*Ao meu amado esposo pela compreensão
nos momentos de ausência, pelo
companheirismo e pelo amor dedicado a
mim durante essa trajetória!*

À minha família pela presença constante.

AGRADECIMENTOS

*Ao Deus Altíssimo, autor da minha vida,
fonte suprema de motivação!*

*Ao professor e amigo Antônio Sérgio,
que com maestria orientou meu trabalho.*

*À amiga de mestrado Gabriela Egea, que veio da Argentina para
fazer parte desse capítulo da minha vida.*

*A todos os professores e colaboradores do
departamento de pós-graduação da Engenharia de Produção.*

*Aos amigos da IBVO e FAP que acompanharam e
participaram indiretamente da construção do meu trabalho.*

À empresa Alfa, por abrir as portas para o estudo de caso.

*A todos que acreditaram e contribuíram
para a concretização dessa etapa, MUITO OBRIGADA!*

*Andei. Por caminhos difíceis, eu sei.
Mas olhando o chão sob meus pés, vejo correr.
E assim, cada passo que eu der, tentarei fazer o melhor que puder.
Aprendi. Não tanto quanto quis, mas que, conhecendo o universo ao meu redor,
aprendo a me conhecer melhor, e assim escutarei o tempo,
que ensinará a tomar a decisão certa em cada momento.
E partirei em busca de muitos ideais.
Mas sei que hoje se encontram meu passado, futuro e presente.
Hoje sinto em mim a emoção da despedida.
Hoje é um ponto de chegada e, ao mesmo tempo, ponto de partida.
(Fernando Sabino)*

RESUMO

A análise de investimentos em Tecnologias Avançadas de Manufatura (AMT) é um processo de decisão estratégico, devido ao potencial competitivo que essas tecnologias representam ao proporcionar às empresas uma gama de benefícios tangíveis e intangíveis. Entretanto, dada a complexidade das variáveis relacionadas, ao risco e ao alto custo do investimento os métodos de avaliação financeira, utilizados tradicionalmente, são insuficientes para capturar os inúmeros benefícios estratégicos proporcionados por tais tecnologias, o que conduz, em alguns casos, a resultados incoerentes e desistência do investimento. Nesse sentido, esse trabalho apresenta um modelo de decisão multicriterial para justificativa de investimentos em tecnologias de manufatura. A implementação do modelo foi realizada utilizando-se o método AHP (do inglês, “Analytic Hierarchy Process”), visando contemplar, conjuntamente, os aspectos tangíveis e intangíveis associados a esse tipo de investimento. O método AHP foi aplicado através de um estudo de caso em uma empresa fornecedora do ramo automobilístico. Foi proposto um *framework* para condução e diagnóstico do cenário produtivo a fim de investigar a adequação de determinada AMT à estratégia de manufatura da empresa, relacionando os recursos e capacidades industriais existentes e os requisitos do mercado. O resultado da pesquisa comprova a generalidade e o potencial do modelo como ferramenta de decisão para o processo de justificativa de investimentos em tecnologias de manufatura, a demonstração da aplicabilidade do método contribui academicamente e profissionalmente para os interessados no assunto.

Palavras-chave: Análise de investimentos, Tecnologia Avançada de Manufatura (AMT), Estratégia de Manufatura, Análise Hierárquica de Processos (AHP).

ABSTRACT

The analysis of investment in Advanced Manufacturing Technologies (*AMT*) is a process of strategic decision, due to the competitive potential that these technologies represent when they provide the companies with a range of tangible and intangible benefits. However, given the complexity of the related variables, the risk and the high cost of the investment; the methods of financial evaluation, used traditionally, are insufficient to capture the innumerable strategic benefits provided by such technologies, which leads, in some cases, to incoherent results and the abandonment of the investment. Herewith, this work presents a model of multi-criterial decision to justify the investments in manufacturing technologies. The implementation of the model was accomplished using the AHP (Analytic Hierarchy Process) method, aiming at considering, together, the tangible and intangible aspects associated with this type of investment. The AHP method was applied through a case study in a supply company of the automobile trade. A *framework* was proposed for the conduction and diagnosis of the productive scenery in order to investigate the adequacy of a determined *AMT* to the manufacturing strategy of the company, relating the existent resources and industrial capacities and the requirements of the market. The result of the research proves the generality and the potential of the model as a decision making tool for the process of justifying the investments in manufacturing technologies. The demonstration of the method's applicability contributes academically and professionally to the ones interested in the matter.

Key words: Investment analysis, Advanced Manufacturing Technology (*AMT*), Manufacturing Strategy, Analytic Hierarchy Process (AHP).

SUMÁRIO

Resumo.....	VII	
Abstract.....	VIII	
Lista de Quadros.....	XI	
Lista de Figuras.....	XIII	
Lista de Gráficos.....	XIV	
Lista de Siglas.....	XV	
1	Introdução.....	01
1.1	Definição do problema.....	02
1.2	Objetivos da pesquisa.....	06
1.2.1	Objetivo Geral.....	06
1.2.2	Objetivos Específicos.....	06
1.3	Justificativa.....	06
1.4	Hipótese.....	08
1.5	Estrutura da dissertação.....	08
2	Estratégia de Manufatura.....	10
2.1	Estratégia Empresarial e Estratégia de Manufatura.....	10
2.2	Estratégia de Manufatura e AMTs.....	16
2.2.1	Conceito de AMT.....	17
2.2.2	O papel das AMTs na Estratégia de Manufatura.....	20
3	Análise de Investimento em AMT.....	24
3.1	Benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pela AMT.....	24
3.2	Metodologias Clássicas para Análise de Investimentos em AMTs..	28
3.2.1	Técnicas Econômicas/Financeiras.....	29
3.2.1.1	Payback.....	30
3.2.1.2	Método do Fluxo de Caixa Descontado (FDC).....	30
3.2.1.2.1	Valor Presente Líquido (VPL).....	32
3.2.1.3	Técnicas Analíticas – Modelos Multicritérios.....	34

4	Análise Hierárquica de Processos (AHP).....	36
4.1	O processo de tomada de decisão.....	36
4.2	O método de Análise Hierárquica de Processos (AHP).....	38
4.3	Descrição do método AHP – Baseado em Saaty (1991).....	43
4.4	Limitações e críticas ao uso do AHP.....	52
5	Metodologia de Pesquisa.....	54
5.1	O processo de pesquisa.....	54
6	Estudo de Caso.....	60
6.1	Considerações iniciais.....	60
6.2	A empresa.....	64
6.3	Experimento Ilustrativo.....	66
6.3.1	Operacionalização do <i>framework</i> proposto.....	67
6.4	Análise dos resultados.....	85
7	Conclusão.....	91
	Referências.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Áreas de decisão.....	15
Quadro 2 - Classificação 1 das <i>AMTs</i>	18
Quadro 3 - Classificação 2 das <i>AMTs</i>	19
Quadro 4 - Nomenclatura para diferenciação dos grupos de <i>AMT</i>	20
Quadro 5 - Dimensões das <i>AMTs</i>	22
Quadro 6 - Citações de autores sobre <i>AMT</i>	23
Quadro 7 - Benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas <i>AMTs</i>	27
Quadro 8 - Abordagens para justificação de investimentos em <i>AMT</i>	28
Quadro 9 - Situação de decisão.....	37
Quadro 10 - Escala Fundamental de Saaty para julgamento comparativos....	46
Quadro 11 - Exemplo da matriz de comparação das alternativas à luz do critério C3.....	47
Quadro 12 - Exemplo 1 do cálculo para matriz normalizada.....	47
Quadro 13 - Exemplo 2 do cálculo para matriz normalizada.....	48
Quadro 14 - Exemplo Matriz normalizada para o C3.....	48
Quadro 15 - Exemplo cálculo PML_{C3}	48
Quadro 16 – Exemplo cálculo PML para as alternativas à luz de todos os critérios.....	48
Quadro 17 - Exemplo cálculo PML para a importância dos critérios à luz de objetivo Global.....	49
Quadro 18 - Exemplo cálculo PG das alternativas à luz do Objetivo Global....	50
Quadro 19 - Índices de Consistência Randômicos (IR).....	51
Quadro 20 - Principais exigências ao fornecedores.....	64
Quadro 21 - Requisitos do mercado.....	72
Quadro 22 - Benefícios tangíveis e intangíveis requeridos pela empresa <i>Alfa</i>	75
Quadro 23 - Nomenclaturas dos elementos da hierarquia.....	81
Quadro 24 - Matriz de comparação dos critérios à luz do Objetivo Global.....	81
Quadro 25 - Matriz de comparação dos subcritérios à luz do critério: Qualidade.....	81

Quadro 26 - Matriz de comparação dos subcritérios à luz do critério: Rapidez.....	82
Quadro 27 - Matriz de comparação dos subcritérios à luz do critério: Flexibilidade.....	82
Quadro 28 - Matriz de comparação dos subcritérios à luz do critério: Confiabilidade.....	82
Quadro 29 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Aumento da facilidade de operações.....	82
Quadro 30 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Aumento do potencial para inovação dos processos.....	83
Quadro 31 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Aumento da habilidade de integração das operações.....	83
Quadro 32 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Melhoria no gerenciamento das operações.....	83
Quadro 33 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Agilidade na resolução dos problemas.....	83
Quadro 34 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Melhoria no gerenciamento da informação.....	83
Quadro 35 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução de <i>setup</i>	84
Quadro 36 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução de estoque.....	84
Quadro 37 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução de defeitos.....	84
Quadro 38 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução de retrabalho.....	84
Quadro 39 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução do espaço recinto.....	85
Quadro 40 - Matriz de comparação das alternativas à luz do subcritério: Redução no tempo de processamento.....	85
Quadro 41 - Prioridades Médias Globais das alternativas em relação ao objetivo global.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquização dos níveis de estratégia.....	11
Figura 2 - Modelo de quatro estágios da função manufatura.....	12
Figura 3 - Matriz estratégica de operações.....	15
Figura 4 - A visão de manufatura.....	16
Figura 5 - Natureza dos benefícios estratégicos, táticos e operacionais.....	26
Figura 6 - Diagrama de Fluxo de Caixa genérico.....	32
Figura 7 - Exemplo 1 de hierarquia (AHP).....	41
Figura 8 - Exemplo de critério e subcritério.....	41
Figura 9 - Exemplo 2 de hierarquia (AHP).....	43
Figura 10 - Estrutura Hierárquica genérica de problemas de decisão.....	44
Figura 11 - Estrutura para o desenvolvimento da dissertação.....	59
Figura 12 - Cadeia Produtiva da Indústria Automobilística.....	63
Figura 13 - Unidades de negócio da empresa <i>Alfa</i>	65
Figura 14 - Relacionamento entre a empresa <i>Alfa</i> e as montadoras.....	66
Figura 15 - <i>Framework</i> desenvolvido para experimento ilustrativo.....	67
Figura 16 - Processo produtivo empresa <i>Alfa</i>	68
Figura 17 - Árvore Hierárquica de Decisão.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temas específicos de aplicação da AHP.....	40
Gráfico 2 - Áreas de aplicação da AHP	40
Gráfico 3 - Data de publicação de trabalhos com AHP.....	40
Gráfico 4 - Região de aplicação da AHP.....	40
Gráfica 5 - Crescimento Nacional da Indústria Automobilística.....	61
Gráfico 6 - PMLs dos subcritérios.....	86
Gráfico 7 - PMLs das alternativas.....	88
Gráfico 8 - PG das alternativas.....	89

LISTA DE SIGLAS

- AGVs - Automated Guided Vehicle Systems (Veículos Guiados Automaticamente)
- AHP - Analytic Hierarchy Process (Análise Hierárquica de Processos)
- AITE - Automated Inspection e Testing Equipment (Equipamento Automatizado de Inspeção e Teste)
- AMHS - Automated Material Handling Systems (Sistema Automatizado de Manuseio de Materiais)
- AMT - Advanced Manufacturing Technology (Tecnologia Avançada de Manufatura)
- AS/ RS - Automated Storage/Retrieval Systems (ou Sistema Automatizado de Armazenamento e Retirada)
- CAD - Computer Aided Design (Projeto Auxiliado por Computador)
- CAE - Computer Aided Engineering (Engenharia Auxiliada por Computador)
- CAI - Computer Aided Inspection (Inspeção Auxiliada por Computador)
- CAM - Computer Aided Manufacturing (Manufatura Auxiliada por Computador)
- CIM - Computer Integrated Manufacturing (Manufatura Integrada por Computador)
- CNC - Computer Numerical Control (Controle Numérico por Computadores)
- CPM - Computerized Preventive Maintenance (Manutenção Preventiva Computadorizada)
- CAPP - Computer Aided Process planning (Planejamento de Processo Auxiliado por computador)
- EDI - Electronic Data Interchange (Troca Eletrônica de Dados)
- ES - Expert System (Sistemas Inteligentes)
- FDC - Fluxo de Caixa Descontado
- FIEMG - Federação da Indústria do Estado de Minas Gerais
- FMC - Flexible Manufacturing Cell (Célula Flexível de Manufatura)
- FMEA - Failure Mode and Effect Analysis (Análise do Modo e Efeito de Falhas)
- FMS - Flexible Manufacturing System (Sistema Fléxivel de Manufatura)
- IC - Consistency Index (Índice de Consistência)
- IR - Random Index (Índice Randômico)
- ISO 9001/14000 – International Standards Organization (Organização Internacional para definição de normas)
- JIS - Just in Sequence
- JIT - Just in Time
- LAN - Local Area Network (Rede de Computadores Local)
- MASP - Método para Análise e soluções de problemas

MCDA - Multicriteria Decision Aid (Auxílio a Decisão Multicritério)
MCDM - Multicriteria Decision Making (Tomada de Decisão Multicritério)
MMAD - Método Multicritério de Análise de Decisão
MP - Matéria-Prima
MRP - Material Requirements Planning (Planejamento das Necessidades de Materiais)
MRPII - Manufacturing Resource Planning (Planejamento dos Recursos de Manufatura)
MS-DOS - Microsoft Disk Operating System
MWL - Materials Working Lasers (Materiais Manufaturados por Laser)
NC - Numerical Control Machines (Máquinas de Controle Numérico)
PC - Programmable Controllers (Controladores Programáveis)
PCP - Planejamento e Controle da Produção
PG - Prioridade Média Global
PIB - Produto Interno Bruto
PML - Prioridade Média Local
PMP - Plano Mestre de Produção
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
QSB - Quality System Basic (Sistema Básico de Qualidade)
RC - Consistency Ratio (Razão de Consistência)
ROI - Return Over Investment (Retorno sobre o Investimento)
SWF - Systems- With- Feedback
TIR - Taxa Interna de Retorno
TMA - Taxa Mínima de Atratividade
VPL - Valor Presente Líquido