

Dissertação apresentada para cumprimentos dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Sistemas, realizada sob a orientação científica da Doutora Anabela Pereira Tereso.

Apoio financeiro da FCT no âmbito do projecto POCI/EGE/58613/2004.

“A única certeza é de que nada é certo”
(Gaio Plínio Segundo)

Agradecimentos

Esta tese de Mestrado não teria sido possível sem a colaboração de muitas pessoas, mas agradeço em especial:

Aos meus pais Manuel e Celeste, pela educação repassada durante todos os anos da minha vida.

Ao meu namorado Tiago, por toda a paciência e dedicação.

À minha irmã Liliana, pelo seu incentivo.

À doutora Anabela Tereso pela grande oportunidade, sabedoria, paciência e crescimento profissional, pela qual tenho grande admiração.

À minha colega Mara, pelo companheirismo.

Resumo

No mundo dos negócios, uma boa decisão pode representar o sucesso de uma organização.

Decidir por vezes não é uma tarefa fácil, principalmente quando nos deparamos com múltiplos critérios. Uma má decisão pode significar o desmoronar de uma organização. Neste clima de turbulência que se vive nos nossos dias, as empresas para se tornarem competitivas num mercado cada vez mais exigente, tem de saber tomar as decisões mais acertadas.

Esta tese de mestrado, tem como objectivo, em primeiro lugar, elaborar uma revisão crítica da literatura na área da Análise de Decisão Multicritério (ADM). De seguida fazer uma avaliação e comparação das principais técnicas/ferramentas em ADM. Por último desenvolver uma ferramenta para selecção de *software* nesta área.

Palavras-Chave: Análise de Decisão Multicritério, ELECTRE, AHP, MACBETH, PROMETHEE, SAD.

Abstract

In the business world, a good decision may be the success of an organization. To decide, sometimes, is not an easy task, mainly when we have multiple criteria. A bad decision can mean the collapse of an organization. In the current climate of turbulence, the companies, in order to become competitive in an increasing demanding market, have to know how to make decisions right.

The objective of this work is, in the first place, to elaborate a critical review of the literature in the area of Multicriteria Decision Aid (MDA). After this to do an evaluation and comparison of the main techniques/tools in MDA. And finally develop a software tool to select software in this area.

Keywords: Multicriteria Decision Aid, ELECTRE, AHP, MACBETH, PROMETHEE, DSS.

Índice

Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e Enquadramento	1
1.2. Motivações e Objectivos	2
1.3. Metodologia Utilizada.....	2
1.4. Organização do Relatório.....	3
Capítulo 2. Teoria da decisão	5
2.1. Introdução à Teoria da Decisão.....	5
2.2. Conceitos Base da Teoria da Decisão	7
2.3. Decisão em Grupo.....	9
Capítulo 3. Decisão Multicritério.....	10
3.1. Introdução à Decisão Multicritério	10
3.2. Problemática dos Problemas Multicritério	11
3.3. Modelação de Preferências	12
3.4. Classificação dos Métodos Multicritério	12
3.5. Fases do Processo de Apoio à Decisão	13
3.6. Principais Métodos da ADM.....	15
3.6.1 ELECTRE	15
3.6.2 PROMETHEE.....	19
3.6.3 AHP	22
3.6.4 MACBETH	24
Capítulo 4. Comparação dos principais <i>softwares</i> de ADM	31
4.1. Introdução	31
4.2. Estruturação Qualitativa de Problemas	32
4.3. Decisões com Múltiplos Atributos.....	33
4.4. Decisões com múltiplos objectivos	46
4.5. Ordenação de Problemas.....	49
4.6. Aplicações específicas	51
4.7. Decisões em grupo	55
Capítulo 5. Método para Selecção de <i>Softwares</i> de ADM.....	57
5.1. Procedimentos para selecção de <i>softwares</i> de ADM.....	57
5.2. Critérios para selecção de <i>softwares</i> de ADM	58
5.3. Norma para aquisição de <i>software</i>	59
Capítulo 6. MCDAS.....	61
6.1. Especificação da Linguagem de Programação	61
6.2. Características dos softwares relativamente aos critérios propostos.	62
6.3. MCDAS	64
6.4. Algoritmo	67
Capítulo 7. Conclusões.....	74
7.1. Conclusão e Trabalho Futuro	74
Bibliografia	76
ANEXO A- Manual de procedimento para a instalação do MCDAS	81

Índice de figuras

Figura 2.1. – Modelo genérico do processo de decisão.....	6
Figura 2.2. – Processo de Decisão e Tomada de Decisão. Adaptado de T'kindt and Billaut (2002).....	7
Figura 3.1. – A influência do pensamento focalizado no valor, no processo de tomada de decisão. Adaptado de Keeney (1992).....	11
Figura 3.2. – Ranking das opções. Adaptado de Rogers (2001).	19
Figura 3.3. – Análise de sensibilidade dos pesos. Adaptado de Rogers (2001).	21
Figura 3.4. – Hierarquia de critérios para seleccionar o melhor trabalho. Adaptado de Saaty and Alexander (1981)	22
Figura 3.5. – Escalas do MACBETH para o critério Plano de equipamentos (a) Escala do MACBETH (b) Escala de intervalos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).....	28
Figura 3.6. – Escalas do MACBETH para os critérios (a) Restrições de oferta (b) Valor acrescentado (c) Metodologia e pontos críticos para a implementação (d) Plano de recursos humanos (e) Execução do programa Escala de intervalos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).....	29
Figura 3.7. – Pesos do critério benefício. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).....	30
Figura 4.1. – Ambiente de trabalho do DECISION EXPLORER.....	32
Figura 4.2. – Ambiente de trabalho do DECISION LAB	35
Figura 4.3. – Ambiente de trabalho do ELECTRE III-IV	36
Figura 4.4. – Ambiente de trabalho do EQUITY	37
Figura 4.5. – Ambiente de trabalho do EXPERT CHOICE.....	38
Figura 4.6. – Ambiente de trabalho do HIVIEW	39
Figura 4.7. – Ambiente de trabalho do LOGICAL DECISIONS.....	39
Figura 4.8. – Ambiente de trabalho do MACBETH	40
Figura 4.9. – Ambiente de trabalho do NAIADE.....	42
Figura 4.10. – Ambiente de trabalho do PRIME DECISIONS.....	43
Figura 4.11. – Ambiente de trabalho do SANNA	43
Figura 4.12. – Ambiente de trabalho do TOPSIS.....	44
Figura 4.13. – Ambiente de trabalho do VIP ANALYSIS.....	44
Figura 4.14. – Ambiente de trabalho do WEB-HIPRE	45
Figura 4.15. – Ambiente de trabalho do WINPRE.....	46
Figura 4.16. – Ambiente de trabalho do ERGO	47
Figura 4.17. – Ambiente de trabalho do FGM	48

Figura 4.18. – Ambiente de trabalho do SOLVEX	48
Figura 4.19. – Ambiente de trabalho do ELECTRE TRI.....	50
Figura 4.20. – Ambiente de trabalho do IRIS	50
Figura 4.21. – Ambiente de trabalho do LPA	53
Figura 5.1. – Procedimento para selecção de softwares de ADM.....	57
Figura 6.1. – Processo de compilação instantânea de código MSIL. Adaptado de Blanco (2002)	61
Figura 6.2. – Interface da opção Novo.....	65
Figura 6.3. – Interface da opção Consultar Endereço Electrónico de um <i>Software</i>	66
Figura 6.4. – Interface da opção Consultar e Adicionar Software.	66
Figura 6.5. – Interface do menu <i>Help</i>	67
Figura 6.6. – Hierarquia de decisão.....	73
Figura A. – Ecrã de Instalação.	81

Índice de tabelas

Tabela 3.1. – Métodos da escola Francesa.	14
Tabela 3.2. – Métodos da escola Americana.	14
Tabela 3.3. – Dados para a escolha da estação eléctrica. Adaptado de Rogers (2001).	16
Tabela 3.4. – Preferência e Indiferença dos critérios. Adaptado de Rogers (2001).	16
Tabela 3.5. – Valores de concordância para cada critério. Adaptado de Rogers (2001).	17
Tabela 3.6. – Matriz de concordância. Adaptado de Rogers (2001).	18
Tabela 3.7. – Qualificação dos Valores. Adaptado de Rogers (2001).	18
Tabela 3.8. – Ranking do PROMETHEE I. Adaptado de Rogers (2001).	21
Tabela 3.9. – Dados do problema de escolha do melhor trabalho. Adaptado de Saaty and Alexander (1981).	23
Tabela 3.10. – Comparação dos trabalhos. Adaptado de Saaty and Alexander (1981).	23
Tabela 3.11. – Níveis de desempenho para o critério Plano de Equipamentos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	26
Tabela 3.12. – Níveis de desempenho para o critério Restrições de oferta. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	26
Tabela 3.13. – Níveis de desempenho para o critério Valor acrescentado. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	26
Tabela 3.14. – Níveis de desempenho para o critério Metodologia e pontos críticos para a implementação. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	26
Tabela 3.15. – Níveis de desempenho para o critério Plano de recursos humanos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	27
Tabela 3.16. – Níveis de desempenho para o critério Execução do programa. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	27
Tabela 3.17. – Matriz para o critério Plano de equipamentos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).	28
Tabela 4.1. – <i>Software</i> para estruturação qualitativa de problemas	32
Tabela 4.2. – Preço das licenças académicas para comprar o Decision Explorer	33
Tabela 4.3. – <i>Software</i> para decisões com múltiplos atributos.	34
Tabela 4.4. – Preço das licenças para comprar o CRITERIUM DECISION PLUS	35
Tabela 4.5. – Preço das licenças académicas para comprar o EQUITY	37
Tabela 4.6. – <i>Software</i> para decisões com múltiplos objectivos	46
Tabela 4.7. – <i>Software</i> para ordenação de Problemas	49
Tabela 4.8. – <i>Software</i> para aplicações específicas.	51
Tabela 4.9. – <i>Software</i> para decisões em grupo	55

Tabela 5.1. – Critérios para a avaliação de <i>softwares</i> de ADM	58
Tabela 6.1. – Características dos softwares relativamente aos critérios propostos.	63
Tabela 6.2. – Regras para atribuição das preferências.	67
Tabela 6.3. – Matriz de comparação entre os critérios.....	68
Tabela 6.4. – Matriz normalizada de comparação entre os critérios.....	68
Tabela 6.5. – Matriz de comparação das alternativas para o critério custo de uma licença.	70
Tabela 6.6. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério custo de uma licença.	71
Tabela 6.7. – Matriz de comparação das alternativas para o critério compatibilidade entre sistemas operativos.....	71
Tabela 6.8. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério compatibilidade entre sistemas operativos.....	71
Tabela 6.9. – Matriz de comparação das alternativas para o critério Interacção com o utilizador.	72
Tabela 6.10. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério Interacção com o utilizador.....	72

Lista de Abreviaturas

ADM	Análise de Decisão Multicritério
CLR	Common Language Runtime
DSS	Decision Support System
JIT	Just-in-time
MAUT	Multiple Attribute Utility Theory
MCDA	Multicriteria Decision Aid
MCDAS	MultiCriteria Decision Aid Software
MSIL	MicroSoft Intermediate Language
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
TC	Taxa de Consistência
TD	Teoria da Decisão
UML	Unified Modeling Language
VB	Visual Basic

Capítulo 1.Introdução

1.1. Contextualização e Enquadramento

Nos dias de hoje, a concorrência entre as organizações é uma constante. Este facto leva a que as empresas cada vez dêem mais atenção às decisões que têm de tomar. Por exemplo, a escolha de um novo produto para colocar no mercado. Se a escolha do novo produto não for bem sucedida, isto representa um grande prejuízo para a empresa.

Com o passar do tempo tem-se verificado que as exigências do processo de decisão nas empresas têm aumentado.

Hoje em dia, saber escolher qual a melhor decisão a tomar face a um simples problema coloca-nos em destaque perante a sociedade, quanto mais para uma organização. Todos os dias temos de tomar decisões, que podem ser mais ou menos complexas. O mesmo se passa nas organizações onde decidir é uma actividade que faz parte do seu quotidiano.

Tomar a melhor decisão por vezes não é uma tarefa fácil.

“Tendemos a fazer escolhas de modo a justificar decisões anteriores, ainda que estas já não pareçam mais válidas” (Hammond et al., 1999). Tomar uma decisão significa ter custos, investe-se tempo e dinheiro que são irrecuperáveis. Tais custos são irrelevantes para a decisão presente ou, como nos lembram estes autores, as influências das decisões não recairão sobre o passado, mas somente sobre o futuro.

Uma decisão não racional pode ter consequências muito graves no posicionamento das organizações.

Actualmente existem diversos *softwares* no mercado que nos ajudam a tomar decisões. O problema que se coloca é saber qual o melhor software que a organização deve usar para resolver o seu problema específico.

“Ao reflectir sobre uma decisão, a mente dá relevância demasiada à primeira informação que recebe. Impressões, ideias, estimativas ou dados iniciais funcionam como ‘âncora’ para a reflexão subsequente” (Hammond et al., 1999).

Devido à importância da tomada de decisões nos dias de hoje, propõe-se a realização de um projecto de investigação relacionado com a Análise de Decisão Multicritério, que permita o desenvolvimento de uma ferramenta de selecção de *software* nesta área.

1.2. Motivações e Objectivos

Por vezes escolher qual o melhor software, para nos ajudar a tomar a melhor decisão não é uma tarefa fácil. Com o intuito de tornar essa decisão mais simples, este trabalho tem por objectivo desenvolver uma ferramenta que dado um problema de análise de decisão nos ajudará a escolher o melhor software para o resolver. O tema de investigação desta tese de mestrado foi sugerido pela professora Anabela Tereso, docente do Departamento da Produção e Sistemas da Universidade do Minho¹.

Este projecto iniciará com uma pesquisa bibliográfica, em que se realizará um levantamento das principais técnicas e ferramentas para a análise de decisão multicritério. O objectivo desta fase é perceber a teoria da decisão e ser capaz de comparar as principais técnicas e métodos de modo a estar preparada para o objectivo seguinte.

De seguida proceder-se-á à análise das características desses *softwares*, de modo a agrupá-los conforme o tipo de problema que ajudam a resolver. E por fim implementar-se-á uma ferramenta de análise de decisão para ajudar na escolha do melhor software dessa área, para resolver um dado problema.

1.3. Metodologia Utilizada

Esta investigação irá ser desenvolvida numa abordagem dedutiva, isto é o modelo a ser construído estará relacionado com a literatura revista.

O SAD que se irá desenvolver será baseado no levantamento efectuado na área da teoria da decisão multicritério.

Nesta pesquisa bibliográfica utilizaram-se várias fontes bibliográficas em simultâneo, entre elas:

- Fontes terciárias nomeadamente através da utilização da internet.
- Fontes secundárias da biblioteca da Universidade do Minho.

¹ Anabela P. Tereso é doutorada em Engenharia de Produção e Sistemas e professora da Universidade do Minho em Portugal;

- Obtenção de literatura importante referenciada em livros e artigos de revistas científicas entretanto lidos.

Esta pesquisa iniciou-se com a leitura da sebenta de Técnicas de Decisão Multicritério da Doutora Anabela Tereso (Tereso, 2009), assim obteve-se uma primeira abordagem do tema e uma linha de orientação para prosseguir a revisão bibliográfica.

De seguida recorreu-se à leitura de livros mencionados na bibliografia e pesquisa nos motores de busca abaixo referidos, para encontrar artigos científicos e alguns livros relacionados com o tema.

Os motores de busca utilizados na pesquisa foram os seguintes:

- Google Académico (<http://scholar.google.pt/>)
- Repositório da UM (<http://repositorium.sdum.uminho.pt/>)
- Driver (<http://www.driver-community.eu/>)
- Elsevier (http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws_home)
- Wiley interScience (<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/home>)
- ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com>)

A investigação enquadra-se numa filosofia pragmática, num paradigma de investigação interpretativo.

Para a elaboração deste projecto de investigação, definiu-se o seguinte conjunto de questões, que se espera ver respondido durante a fase do processo de investigação:

1. Quais são os *softwares* existentes no mercado para ajuda à tomada de decisão?
2. Em quantos grupos podemos classificar esses *softwares*?
3. Que características apresentam esses grupos de *softwares*?

1.4. Organização do Relatório

A estrutura deste relatório compõe-se de seis capítulos descritos a seguir:

No primeiro capítulo, é feita uma introdução, contextualização e enquadramento do tema da tese, são apresentados os objectivos da investigação e é apresentada a estrutura e organização da tese.

No segundo capítulo, é feita uma introdução à teoria da decisão e apresentam-se os seus conceitos base.

No terceiro capítulo, é feita uma classificação dos métodos multicritério, apresentam-se as fases do processo de decisão, a problemática do problema multicritério, a modelação de preferências e são explicados os principais métodos de ADM.

No quarto capítulo, é feita uma classificação dos principais *softwares* para análise de decisão multicritério, apresentando algumas características das ferramentas, o seu ambiente de trabalho e o preço de licenças académicas.

No quinto capítulo, é apresentado o método para selecção de Software de ADM, é apresentado o método escolhido para a selecção de softwares de ADM, bem como os critérios e as normas para aquisição de softwares.

No sexto capítulo, é apresentada a ferramenta MCDAS (MultiCriteria Decision Aid Software), bem como as características dos softwares relativamente aos critérios propostos. Também é apresentada a Linguagem de Programação Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition, com a qual foi elaborada a ferramenta MCDAS.

No último capítulo (capítulo sete), são retiradas conclusões do trabalho realizado, e apresentam-se propostas para trabalho futuro.

Capítulo 2. Teoria da decisão

Neste capítulo é feita uma introdução à teoria da decisão, que se pretende ser a base para o capítulo seguinte.

2.1. Introdução à Teoria da Decisão

Quando encontramos um problema que possui mais de que uma solução estamos perante um problema de decisão.

A tomada de decisão pode ser evidenciada nas mais simples actividades diárias, tais como o que fazer para nos divertirmos: Ver televisão? Ouvir musica? Ler um livro? Uma primeira decisão poderá levar a ter que se tomar outra decisão, por exemplo, ao se decidir ver televisão, conduz a outra decisão, que seria a qual programa assistir?

Todos nós ao longo da nossa vida, no nosso dia-a-dia temos de tomar decisões, mais fáceis ou mais difíceis de tomar. Assim os problemas de decisão podem ser classificados de simples ou complexos.

Um problema de decisão é caracterizado como complexo, quando existem objectivos conflitantes, então encontrar a solução óptima não é uma tarefa fácil, por vezes nem existe, sendo necessário encontrar a melhor relação entre os objectivos.

Tomar decisões complexas é, de um modo geral, uma das mais difíceis tarefas enfrentadas tanto em grupo como individualmente, pois quase sempre tais decisões atendem a múltiplos objectivos, e os impactos da decisão nem sempre são claramente identificados.

Um problema de decisão simples caracteriza-se normalmente por ter apenas duas alternativas possíveis. Por exemplo decidir se devemos ou não levar um guarda-chuva ao sair de casa.

Para resolver um problema de decisão, normalmente seguem-se três passos.

No primeiro passo identificam-se as alternativas de decisão. Por exemplo, tem-se uma certa quantidade de dinheiro, a primeira tarefa que se tem de tomar será identificar as alternativas que se possui para aplicar o dinheiro de modo a obter o melhor rendimento.

No segundo passo, tem de se verificar se as alternativas encontradas no primeiro passo cumprem as restrições impostas ao problema. No final deve-se obter um conjunto de alternativas viáveis. No terceiro e último passo tem de se definir os critérios que se pretendem considerar para tomar a decisão. De um modo geral podemos definir esquematicamente o modelo de decisão, como se apresenta a seguir:

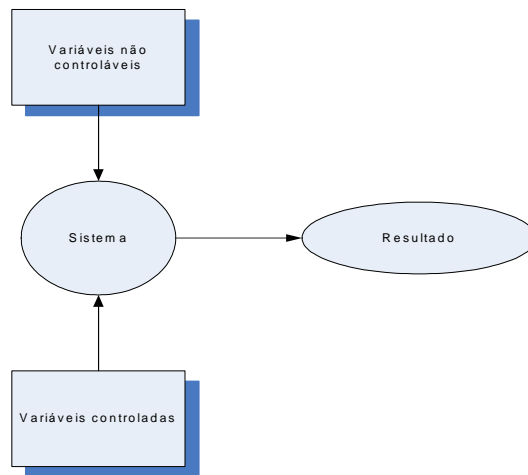


Figura 2.1. – Modelo genérico do processo de decisão

O sistema real é definido em função de um conjunto de variáveis controláveis e não controláveis. Segundo Zeleny (1982), a tomada de decisão é um esforço para tentar resolver problemas de objectivos conflitantes, cuja presença impede a existência da solução óptima e conduz à procura do melhor compromisso.

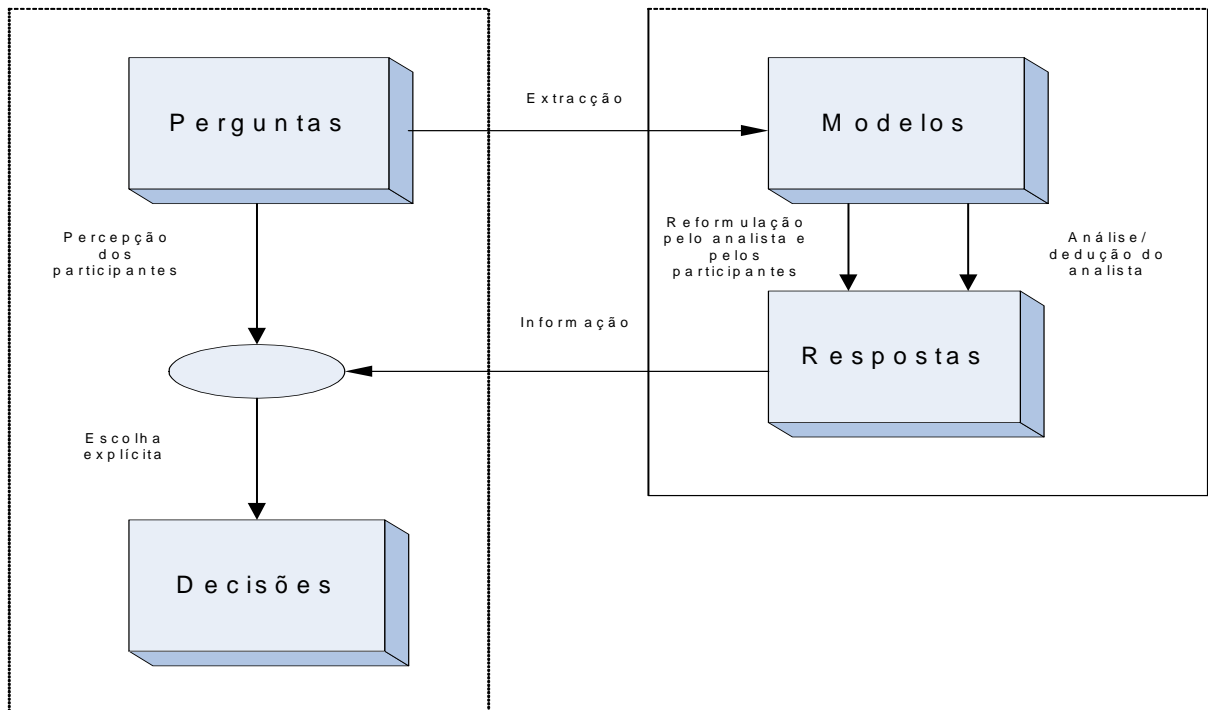


Figura 2.2. – Processo de Decisão e Tomada de Decisão. Adaptado de T'kindt and Billaut (2002)

Quando se possui uma dúvida, surge uma questão. Esta é a primeira fase de um processo de tomada de decisão, o reconhecimento do problema. De seguida é necessário observar, analisar o problema, extraindo-se modelos que reformulados tanto pelo analista como pelos participantes do processo de decisão se obtêm respostas ao problema. A escolha da decisão final é baseada nas respostas obtidas das perguntas questionadas e da percepção dos participantes face ao problema em questão.

2.2. Conceitos Base da Teoria da Decisão

Decisores

O decisor ou decisores são uma pessoa ou um grupo de indivíduos que realizam escolhas e assumem preferências, como um todo. O processo de decisão depende dos decisores, que apresentam valores diferentes, influenciados por cultura, religião, formação técnica, etc. Em termos organizacionais a própria cultura da organização influencia os decisores que dela fazem parte.

Analista

Para Rogers et al. (1999), o analista é a entidade que tem o papel de seleccionar o modelo a ser utilizado, obter informações necessárias para o modelo, interpretar os resultados e explicar ao decisor o mecanismo do modelo escolhido.

Modelo

Modelo é um conjunto de operações matemáticas que trabalham os gostos e as opiniões dos decisores, permitindo obter um resultado. Os modelos podem ser classificados em descritivos e normativos. Os descritivos representam o que os decisores fazem e os normativos representam o que os decisores devem fazer.

Actor

Roy (1985) e Bana e Costa (1993) definem actor, como uma pessoa ou um grupo de pessoas, que num processo de decisão, influenciam directa ou indirectamente a decisão.

Alternativas

Um conjunto de alternativas é um conjunto de escolhas. Por vezes a definição do conjunto de alternativas é a tarefa mais difícil do processo de decisão. Segundo Bana e Costa (1990) nalguns casos a escolha das alternativas é bastante claro, noutros casos é preciso ponderar bem quais serão as alternativas, e por vezes será necessário reduzir uma longa lista de alternativas para uma lista mais pequena.

Critérios

Segundo Roy (1985), critérios são vistos como ferramentas que permitem comparar as acções em relação aos pontos de vista de cada agente de decisão. A escolha dos critérios é extremamente importante para o resultado final, são eles que permitem comparar as diferentes alternativas, para os diferentes pontos de vista.

Objectivos

Segundo Keeney (1992) objectivo é a demonstração de algo que alguém deseja alcançar. Este autor define dois tipos de objectivos: objectivos fundamentais e objectivos intermédios. Para distinguir estes dois tipos de objectivos, podemos recorrer

ao teste do *WITI* “(*Why Is That Important*)”. Este teste além de ajudar a distinguir os dois tipos de objectivos, também revela ligações entre eles. Se a resposta à pergunta for “isto é importante porque é”, então estamos perante um objectivo fundamental. Se a resposta for “isto é importante porque ajuda a resolver X”, estamos perante um objectivo intermediário com impacto na variável X.

2.3. Decisão em Grupo

A tomada de decisão é uma das actividades que o ser humano realiza com mais frequência, mesmo que por vezes seja inconscientemente. Podem ser decisões de cariz político ou económico como, por exemplo, investir na bolsa, ou podem ser decisões tão simples como por exemplo, a selecção de um restaurante para um jantar de um grupo de amigos.

A problemática da tomada de decisão em grupo insere-se no âmbito dos sistemas de apoio à decisão. Como a maioria dos processos de tomada de decisão, envolvem várias entidades. Esta problemática tem vindo a ganhar lugar de destaque nesta área.

Com várias pessoas envolvidas no processo de decisão, é preciso considerar vários pontos de vista na resolução de um dado problema. Existem já no mercado alguns *softwares* de análise de decisão multicritério dedicados a esta problemática.

Na revisão bibliográfica foram encontrados sete softwares, para resolver problemas de análise de decisão multicritério em grupo. Apenas três deles se encontram em comercialização, os restantes ainda se encontram em fase de desenvolvimento. Veremos mais à frente (quarto capítulo) com mais detalhe algumas dessas ferramentas.

Capítulo 3. Decisão Multicritério

Neste capítulo foi elaborada uma revisão bibliográfica da teoria da decisão multicritério. Foram explicados os conceitos básicos e realizou-se uma breve análise (dada a grande quantidade de informação nesta área) que pretende ser suficientemente esclarecedora, para a seguir se perceber a metodologia adoptada na realização da ferramenta.

3.1. Introdução à Decisão Multicritério

Um problema de decisão multicritério é um problema complexo, que envolve vários critérios em análise e envolve a avaliação de várias alternativas possíveis.

Vários autores não fazem a distinção entre multicritério e multiatributo. Neste trabalho também se considera terem o mesmo significado.

Keeney (1992) defende uma enorme importância do pensamento focalizado no valor (*value focused thinking*) para o processo da tomada de decisão.

Segundo o autor o pensamento focalizado no valor contribui para o processo de decisão para avaliar alternativas; interligar decisões; promover a comunicação; facilitar o envolvimento de múltiplos interesses na decisão; orientar a recolha de informação e orientar a estratégia do pensamento, como se demonstra no esquema seguinte:

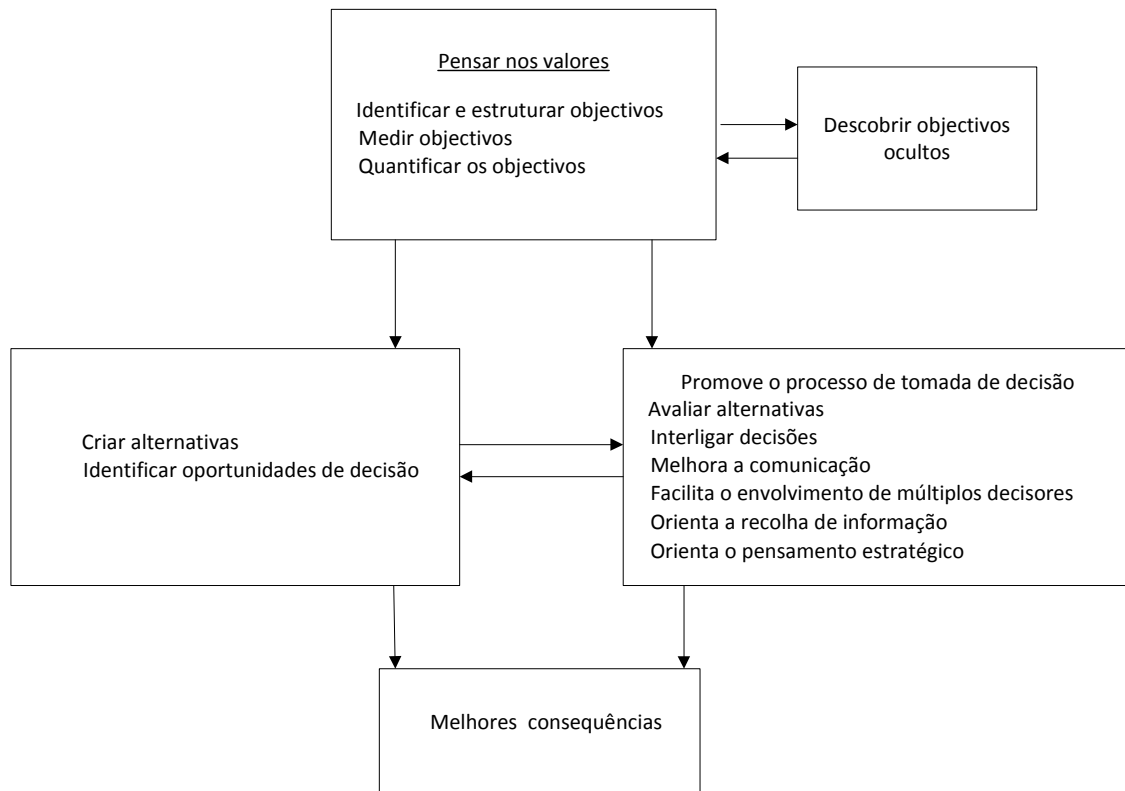


Figura 3.1. – A influência do pensamento focalizado no valor, no processo de tomada de decisão. Adaptado de Keeney (1992)

3.2. Problemática dos Problemas Multicritério

Roy (1985) definiu quatro problemáticas para classificar os problemas de análise de decisão:

- Problemática $P.\alpha$ (Escolha) – tem como objectivo recomendar a escolha de uma alternativa, esclarecendo o decisor sobre qual deve ser o resultado.
- Problemática $P.\beta$ (Classificação) – tem como objectivo recomendar a divisão das alternativas em categorias preestabelecidas, podendo ser ordenadas ou não.
- Problemática $P.\gamma$ (Ordenação) – Consiste em clarificar a decisão através de uma ordenação, que pode ser parcial ou completa. Como resultado obtém-se uma escala ou um procedimento de ordenação.
- Problemática $P.\delta$ (Descrição ou cognição) – Ajuda a esclarecer a decisão por meio de uma descrição das suas consequências, e a elaborar um

procedimento cognitivo. Obtém-se assim uma descrição ou um procedimento cognitivo.

3.3. Modelação de Preferências

Uma das fases mais importante na análise de decisão multicritério é a fase da agregação de preferências, que consiste na construção de um sistema de preferências usando procedimentos de agregação multicritério.

Segundo Roy (1985), é importante estabelecer as relações de preferência, fazer a sua explicitação clara e a sua interpretação.

Este autor defende a existência de quatro situações binárias de preferência:

Indiferença ($a I b$) – significa que há razões que justificam a indiferença na escolha entre as duas alternativas.

Preferência estrita ($a P b$) – significa que existem factores que provam o favorecimento da alternativa a em relação à alternativa b .

Preferência fraca ($a Q b$) – demonstra a existência de dúvida entre ($a I b$) e ($a P b$).

Incomparabilidade ($a J b$) – representa a inexistência de situações que justifiquem alguma das situações anteriores.

3.4. Classificação dos Métodos Multicritério

“A maioria dos investigadores ou autores dividem a ADM em três famílias de abordagens” (Vincke, 1992):

- Escola Americana ou Escola da Teoria da Utilidade Multi-atributo (MAUT).
- Escola Francesa ou Escola Europeia ou Métodos de Subordinação e Síntese.
- Métodos Interactivos ou Programação Matemática Multi-objectivo.

Os métodos interactivos normalmente aplicam-se a sistemas informáticos interactivos, que possuem o objectivo de apoiar e melhorar processos de decisão.

Vanderpooten (1995) defende que a Escola Francesa dirige o seu estudo para metodologias onde as preferências pessoais dos decisores tenham menor influência na alternativa escolhida.

Em contrapartida a Escola Americana procura métodos para melhor explicar esta preferência, que teria uma grande influência na escolha final. Para este autor uma boa decisão só será possível se houver equilíbrio entre as duas influências.

3.5. Fases do Processo de Apoio à Decisão

Dias et al. (1996) defendem a existência de duas fases nos processos de apoio à decisão: a fase de estruturação e a fase de avaliação. Defendem ainda que poderá ser definida uma nova etapa: recomendação dos cursos de acção a serem seguidos.

Bana e Costa et al. (2000) defendem que num problema a fase de estruturação representa cerca de 80% do total.

É nesta fase que se trata da formulação do problema e da identificação dos objectivos. Procura-se identificar os factores relevantes ao processo de decisão, para os organizar. Para realizar a fase de avaliação é necessário escolher um dos métodos disponíveis, tradicionalmente classificados como métodos para problemas multiatributo e multiobjectivo.

Neste trabalho apenas serão alvo de estudo os métodos multicritério que lidam com alternativas discretas. Os métodos multiobjectivo consideram um espaço contínuo de alternativas.

Para os métodos multicritério, na escola francesa destacam-se os métodos da família Electre (ELimination Et Choix TRaduisant la rEalité) que têm origem no trabalho pioneiro de Roy (1985) e o método Promethee (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) desenvolvido por Brans and Vincke (1985) a partir do método ELECTRE, com o objectivo de originar um método mais simples, considerando que o ELECTRE requer muitos parâmetros que podem não ter significado para o decisor. Na escola Americana destacam-se os métodos AHP (Analytic Hierarchy Process), desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970 para ajudar a superar as limitações cognitivas do decisor, o método TODIM (TOmada de Decisão

Interactiva Multicritério), desenvolvido por Gomes et al. (2003), o método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), desenvolvido por Bana e Costa (1986), e o método UTA (Utilité Additive), desenvolvido por Jacque-Lagreze (1982).

Qualquer um dos métodos citados é suportado informaticamente, pelo que são largamente divulgados na comunidade científica. No capítulo seguinte serão apresentados e comparados os *softwares* que suportam estes métodos encontrados na literatura revista. Nas tabelas seguintes pretende-se sistematizar os métodos analisados na revisão bibliográfica.

Escola Francesa	
<i>Método</i>	<i>Descrição</i>
ELECTRE	É um método de comparação de alternativas através de pesos combinados com valores. A ideia é restringir e reduzir o conjunto de alternativas, prevalecendo as alternativas dominantes.
PROMETHEE	É um método de ordenação que calcula pesos. É baseado em relações de preferência entre as alternativas.

Tabela 3.1. – Métodos da escola Francesa.

Escola Americana (MAUT)	
<i>Método</i>	<i>Descrição</i>
AHP	É um método compensatório, que decompõe o problema em níveis hierárquicos, facilitando a sua compreensão e avaliação.
MACBETH	Método de comparação que usa escalas ordinais por intervalo. As licitações de preferências são realizadas usando seis referências semânticas introduzidas numa matriz que garante a consistência das mesmas.
UTA	Método interativo, que consiste em encontrar uma função utilidade óptima através da programação linear e depois realiza uma análise de sensibilidade. Estima o valor das funções em cada critério usando regressão ordinal. O valor global da função é obtido pelo método aditivo.
TODIM	É um método multicritério discreto baseado na Teoria dos Prospectos.

Tabela 3.2. – Métodos da escola Americana.

3.6. Principais Métodos da ADM

Na literatura revista destacaram-se alguns métodos multicritério. De seguida será apresentada uma breve explicação de como cada um funciona.

3.6.1 ELECTRE

O método ELECTRE realiza comparações par a par entre as alternativas. O método ELECTRE elimina as alternativas menos requisitadas, e escolhe as alternativas preferidas de acordo com os critérios. Para isso o método utiliza os conceitos de concordância e discordância.

O método envolve várias etapas:

1. Determinação do conjunto de alternativas viáveis.
2. Padronização de cada atributo.
3. Definição dos pesos atribuídos a cada atributo ($0 \leq P \leq 1, \sum P = 1$).
4. Cálculo do índice de discordância para realçar o índice de concordância. Este índice é o complementar do índice de concordância, mede o grau segundo o qual, para qualquer critério a é pior que b.
5. Geração da matriz concordância através do cálculo dos índices de concordância para cada par de alternativas.
6. Somatório das linhas da matriz para obter a concordância global para cada alternativa.
7. Ranking das alternativas, de acordo com a ordem decrescente da soma dos índices de concordância (C). A alternativa com o maior valor de C é a melhor alternativa.

Actualmente existem diversas versões do ELECTRE: ELECTRE-I, ELECTRE-IS, ELECTRE-II, ELECTRE-III, ELECTRE-IV, ELECTRE-TRI.

De seguida segue-se um exemplo do livro de Rogers (2001) da aplicação do método ELECTRE- III. Este método usa um procedimento para chegar á solução idêntica ao do método PROMETHEE I. Estes dois métodos recorrem a dois processos de destilação: destilação ascendente e destilação descendente, para chegar á solução final.

O processo de destilação determina as opções que são melhores ou piores que determinada opção. Isto é a opção a é melhor do que a opção b se o índice de credibilidade $S(a,b)$ é maior de que o limite γ fixado, e se $S(a,b)$ menos $S(b,a)$ é maior que um valor de discriminação mínimo s fixado. No exemplo que se segue assumiu-se que o índice de credibilidade, para cada par de opções, é idêntico ao índice de concordância.

Se uma opção domina outra é-lhe atribuída a pontuação +1, se é dominada é-lhe atribuída a pontuação -1. No final as pontuações são somadas obtendo-se a qualificação de cada opção. Ordenando-se as qualificações obtém-se a ordenação final.

Um fornecedor de electricidade, pretende decidir qual das cinco estações (St1, St2, St3, St4, St5) deve sofrer melhoramentos. Foram considerados quatro critérios: financeiro, tecnológico, estratégico e ambiental. Na tabela seguinte apresentam-se os valores para cada opção.

	Financeiro (F)	Tecnológico (T)	Estratégico (E)	Ambiental (A)
St1	-14	70	65	85
St2	129	100	30	15
St3	-10	50	40	85
St4	44	90	35	20
St5	-14	100	50	40

Tabela 3.3. – Dados para a escolha da estação eléctrica. Adaptado de Rogers (2001).

Na tabela 3.4 são apresentadas as indiferenças e preferências dos quatro critérios. Os decisores da organização decidiram que os primeiros dois critérios deveriam ser mais pesados que os outros dois.

	F	T	E	A
Indiferença	40	20	15	10
Preferência	80	40	35	30
Peso	4	2	1	1
Peso normalizado	0.5	0.25	0.125	0.125

Tabela 3.4. – Preferência e Indiferença dos critérios. Adaptado de Rogers (2001).

Os valores de concordância para cada critério apresentam-se na tabela que se segue:

	St1	St2	St3	St4	St5			St1	St2	St3	St4	St5
St1	-	0	1	0.55	1		St1	-	0.5	1	1	0.5
St2	1	-	1	1	1		St2	1	-	1	1	1
St3	1	0	-	0.65	1		St3	1	0	-	0	0
St4	1	0	1	-	1		St4	1	1	1	-	1
St5	1	0	1	0.55	-		St5	1	1	1	1	-
F (0.5)							T (0.25)					
	St1	St2	St3	St4	St5			St1	St2	St3	St4	St5
St1	-	1	1	1	1		St1	-	1	1	1	1
St2	0	-	1	1	0.75		St2	0	-	0	1	0.25
St3	0.5	1	-	1	1		St3	1	1	-	1	1
St4	0.25	1	1	-	1		St4	0	1	0	-	0.5
St5	1	1	1	1	-		St5	0	1	0	1	-
E (0.125)							A (0.125)					

Tabela 3.5. – Valores de concordância para cada critério. Adaptado de Rogers (2001).

Estes valores foram obtidos pela aplicação da seguinte expressão matemática:

$$C_j(a, b) = 1 \text{ if } g_j(a) + q_j[g_j(a)] \geq g_j(b)$$

Ou

$$C_j(a, b) = 0 \text{ if } g_j(a) + p_j[g_j(a)] \leq g_j(b)$$

Senão

$$C_j(a, b) = \frac{g_j(a) - g_j(b) + p_j[g_j(a)]}{p_j[q_j(a)] - q_j[g_j(a)]},$$

Onde:

$C_j(a, b) \implies$ Representa o índice de concordância, indicando que a domina b

$g_j(a), g_j(b) \implies$ Representa os valores para as opções a e b em relação ao critério j

$q_j[g_j(a)] \implies$ Representa a indiferença do critério j

$p_j[g_j(a)] \implies$ Representa a preferência do critério j .

De seguida apresenta-se um exemplo da aplicação da fórmula anterior para as estações St1 e St4, para o critério financeiro. Como o valor de St1 em relação ao critério financeiro mais a indiferença desse critério, não é maior ou igual ao valor de St4 para o critério financeiro, nem o valor de St1 em relação ao critério financeiro mais a preferência desse critério é menor ou igual ao valor de St4 então recorre-se á fórmula matemática apresentada anteriormente:

$$C_j(St1, St4) = \frac{-14 - 44 + 80}{80 - 40} = \frac{22}{40} = 0.55$$

Os valores da tabela anterior são multiplicados posteriormente pelo peso normalizado desse critério. Para cada par de opções, o valor normalizado para cada critério é somado para se obter a concordância final como se demonstra na tabela seguinte:

	St1	St2	St3	St4	St5
St1	-	0.375	1	0.775	0.875
St2	0.750	-	0.875	1	0.875
St3	0.938	0.250	-	0.575	0.750
St4	0.781	0.500	0.875	-	0.938
St5	0.875	0.500	0.875	0.775	-

Tabela 3.6. – Matriz de concordância. Adaptado de Rogers (2001).

A qualificação dos resultados para cada opção é obtida usando $\gamma = 0.85$ e $s = 0.15$, como se demonstra na tabela seguinte:

	St1	St2	St3	St4	St5
Resultado Positivo	0	3	0	2	0
Resultado Negativo	0	0	2	1	2
Qualificação	0	3	-2	1	-2

Tabela 3.7. – Qualificação dos Valores. Adaptado de Rogers (2001).

A destilação descendente elimina em primeiro lugar St2 e de seguida St4, permanecendo St1, St3 e St5 juntos na terceira posição. A destilação ascendente elimina conjuntamente St3 e St5, de seguida elimina St4, depois St1 e finalmente St2. A intersecção destas duas destilações coloca St2 na primeira posição, St1 e St4 não podem ser comparadas e encontram-se na segunda posição imediatamente a seguir a St2. St3 e St5 não podem ser separadas e encontram-se juntas na última posição como se pode ver pela figura 3.2.

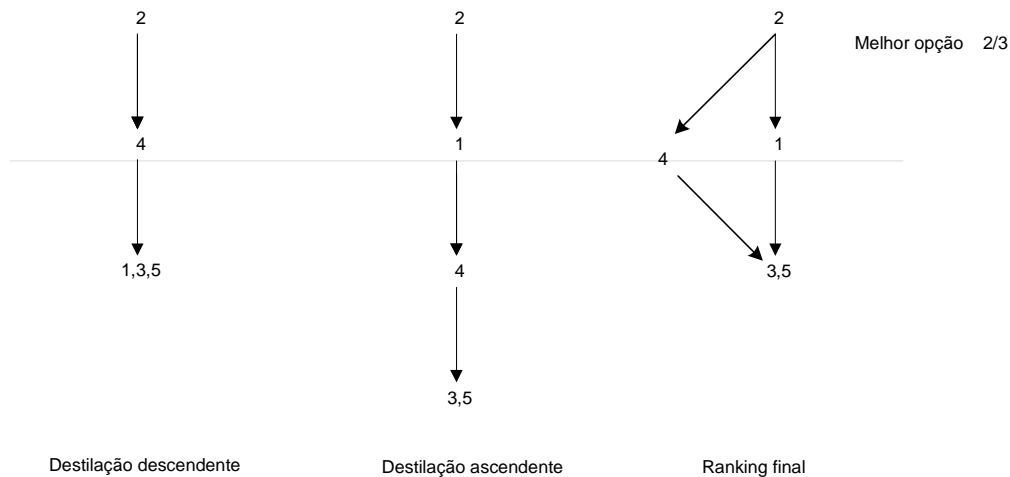


Figura 3.2. – Ranking das opções. Adaptado de Rogers (2001).

Este ranking identifica a estação 2 como a melhor opção para realizar melhoramentos, seguida das estações 1 e 4.

3.6.2 PROMETHEE

O método PROMETHEE fundamenta-se numa relação de preferência entre as alternativas discretas do problema. As alternativas são ordenadas segundo os conceitos de dominância e eficiência. Uma alternativa domina a outra, a domina b , se $g_j(a) \geq g_j(b)$, $j = 1, 2, \dots, n$. $g_j(a)$ representa a avaliação da alternativa a , de acordo com o critério j).

Uma alternativa diz-se eficiente quando não é dominada por nenhuma outra alternativa. O decisor pode expressar preferência (P), quando prefere uma acção a outra; indiferença (I), quando não há preferência entre as duas acções; e incomparabilidade (J), quando o decisor tem dificuldade em compara-las, não expressando nem preferência nem indiferença.

Para cada critério o decisor estabelece um peso P_j que vai aumentando com a importância do critério. Dependendo do modo como a preferência do decisor aumenta com a diferença entre as alternativas para cada critério $[g_j(a) - g_j(b)]$, o decisor pode definir uma função $F(a, b)$, com valores compreendidos entre 0 e 1. Segundo Vincke (1992) o grau $\pi(a, b)$ é calculado da seguinte maneira:

$$\pi(a, b) = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^n P_j F_j(a, b)$$

Em que

$$p = \sum_{j=1}^n P_j$$

Em seguida as alternativas são ordenadas da seguinte forma:

- Ordem decrescente de $\theta^+(a)$, onde: $\theta^+(a) = \sum \pi(a, b)$, representa a intensidade de preferência de a sobre todas as alternativas. Quanto maior for $\theta^+(a)$, melhor é a alternativa.
- Ordem decrescente de $\theta^-(a)$, onde: $\theta^-(a) = \sum \pi(b, a)$, representa a intensidade de preferência de todas as outras alternativas sobre a . Quanto menor for $\theta^-(a)$, melhor é a alternativa.

A seguir será apresentado um exemplo de aplicação do método PROMETHEE, este exemplo é a continuação do exemplo apresentado anteriormente para o método ELECTRE-III. A utilização do mesmo exemplo deve-se ao facto de poderemos assim comparar os resultados aplicando dois métodos distintos.

Como a matriz de concordância é também a matriz de credibilidade, pelo facto do limite de discordância ser ignorado, então o ELECTRE-III torna-se idêntico à 5ª versão do PROMETHEE I na forma de calcular a matriz final.

Realizando uma análise de sensibilidade, altera-se o valor dos pesos. Ao critério financeiro é-lhe retirado um ponto, até chegar ao valor um. Enquanto o critério financeiro não chegou ao valor um, o valor dos restantes critérios não foi alterado.

No patamar em que todos os pesos são iguais, St1 e St2 encontram-se na primeira posição, seguidos de St5, St3 e St4. Qualquer redução relativa ao peso do critério financeiro reforça a localização de St1 na primeira posição, e St2 na segunda posição.

Diminuindo os valores tanto da preferência como o valor da indiferença para os quatro critérios altera a posição de St5 para o lugar abaixo de St2, encontrando-se St4 abaixo de ambas, como se demonstra na figura seguinte:

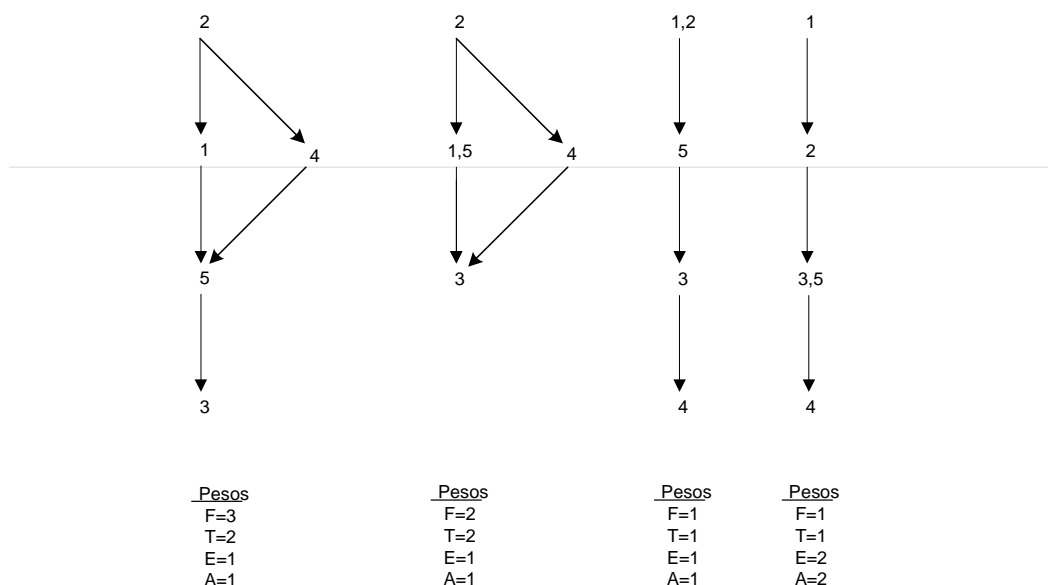


Figura 3.3. – Análise de sensibilidade dos pesos. Adaptado de Rogers (2001).

Para aplicar o método PROMETHEE a este exemplo é preciso somar as colunas e as linhas da matriz de concordância (tabela 3.6), o valor dessas somas encontram-se na tabela seguinte:

Opções	Soma das linhas	Soma das colunas	Diferença	Ranking
St1	3.025	3.344	$3.025-3.344=-0.319$	3
St2	3.500	1.625	$3.500-1.625=1.875$	1
St3	2.513	3.625	$2.513-3.625=-1.112$	5
St4	3.094	3.125	$3.094-3.125=-0.031$	2
St5	3.025	3.438	$3.025-3.438=-0.413$	4

Tabela 3.8. – Ranking do PROMETHEE I. Adaptado de Rogers (2001).

O ranking é obtido ordenando por ordem decrescente a diferença entre a soma das linhas e a soma das colunas.

Este método dá o mesmo resultado, que o método ELECTRE, para as primeiras três posições. Em primeiro lugar a estação 2 seguida da estação 4 e da estação 1.

Em ambos os métodos a estação 2 é classificada em primeira lugar. No método ELECTRE a estação 1 e 4 encontram-se na mesma posição (segundo lugar), pelo método PROMETHEE a performance da estação 1 é mais robusta nos testes de análise de sensibilidade, sendo classificado na terceira posição abaixo da estação 4.

3.6.3 AHP

O método AHP (Analytic Hierarchy Process) é um dos métodos mais utilizados no apoio à tomada de decisão. “AHP é a teoria para lidar com problemas tecnologicamente complexos, económicos e político-sociais” (Saaty and Vargas, 1990).

O problema de decisão é decomposto em níveis organizados numa hierarquia. No topo da hierarquia encontram-se os objectivos fundamentais, de seguida vêm os objectivos intermédios, depois os objectivos dos decisores e por fim os possíveis resultados ou cenários.

A atribuição de pesos aos critérios é feita a partir da construção de uma matriz com as importâncias de cada critério.

Este método compara a importância dos critérios directamente, ao contrário do método MACBETH que faz a comparação de forma indirecta, considerando alternativas fictícias para representar cada um dos critérios.

Será apresentado um exemplo de aplicação do método. Considere-se um estudante que acabou de terminar o curso e está indeciso por três trabalhos (A, B e C). A tabela e a imagem seguinte apresentam os critérios para a selecção do melhor trabalho e a sua comparação par a par.

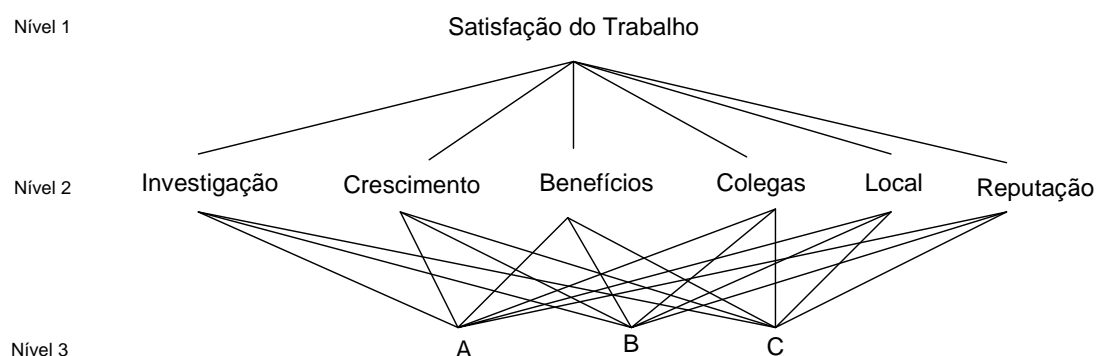


Figura 3.4. – Hierarquia de critérios para seleccionar o melhor trabalho. Adaptado de Saaty and Alexander (1981)

Nesta matriz as comparações foram baseadas em cada factor do par que é mais importante quando se considera total satisfação com o trabalho. Assim o valor cinco na linha três, quarta coluna indica que os benefícios são mais importantes do que o parâmetro colegas.

Satisfação com o trabalho	Investigação	Crescimento	Benefícios	Colegas	Local	Reputação	Vector
Investigação	1	1	1	4	1	1/2	0.18
Crescimento	1	1	2	4	1	1/2	0.19
Benefícios	1	1/2	1	5	3	1/2	0.19
Colegas	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0.05
Local	1	1	1/3	3	1	1	0.12
Reputação	2	2	2	3	1	1	0.30

Tabela 3.9. – Dados do problema de escolha do melhor trabalho. Adaptado de Saaty and Alexander (1981).

Agora cada trabalho é comparado com os outros trabalhos tendo em conta cada um dos seis critérios.

Investigação				Crescimento				Benefícios			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
A	1	1/4	1/2	A	1	1/4	1/5	A	1	3	1/3
B	4	1	3	B	4	1	1/2	B	1/3	1	1
C	2	1/3	1	C	5	2	1	C	3	1	1

Colegas				Local				Reputação			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
A	1	1/3	5	A	1	1	7	A	1	7	9
B	3	1	7	B	1	1	7	B	1/7	1	5
C	1/5	1/7	1	C	1/7	1/7	1	C	1/9	1/5	1

Tabela 3.10. – Comparação dos trabalhos. Adaptado de Saaty and Alexander (1981).

Os vectores (um por cada critério) obtidos são ponderados pelo vector componente associado ao critério e a soma dos resultados é normalizada.

Apresenta-se de seguida a demonstração do cálculo para o critério Reputação.

O primeiro passo é somar o valor das colunas da matriz Reputação.

$$1 + \left(\frac{1}{7}\right) + \left(\frac{1}{9}\right) = \frac{79}{63}$$

$$7 + 1 + \left(\frac{1}{5}\right) = 8.2$$

$$9 + 5 + 1 = 15$$

De seguida divide-se cada valor da coluna pelo valor da soma anterior correspondente a cada coluna:

$$\begin{pmatrix} \frac{63}{79} & \frac{7}{8.2} & 0.6 \\ \frac{553}{63} & \frac{1}{8.2} & \frac{5}{15} \\ \frac{711}{63} & \frac{0.2}{8.2} & \frac{1}{15} \end{pmatrix}$$

Depois calcula-se a média das linhas, isto é, soma-se cada linha e divide-se por 3 obtendo-se:

$$\begin{bmatrix} 0.77 \\ 0.17 \\ 0.05 \end{bmatrix}$$

Para finalizar basta somar o valor do vector reputação:

$$30 \times \begin{bmatrix} 0.77 \\ 0.17 \\ 0.05 \end{bmatrix}$$

Realizam-se os mesmos passos para cada critério e somam-se os valores obtidos.

Os vectores (um por cada critério) obtidos são ponderados pelo vector componente associado ao critério e à soma dos resultados normalizados. Assim obtêm-se:

$$0.18 \begin{bmatrix} 0.14 \\ 0.63 \\ 0.24 \end{bmatrix} + 0.19 \begin{bmatrix} 0.10 \\ 0.33 \\ 0.57 \end{bmatrix} + \dots + 0.30 \begin{bmatrix} 0.77 \\ 0.17 \\ 0.05 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.40 \\ 0.34 \\ 0.26 \end{bmatrix} \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix}$$

Após a ponderação dos trabalhos, as diferenças são suficientes para o estudante escolher o trabalho A.

3.6.4 MACBETH

É de salientar que o método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) foi desenvolvido pelo professor Carlos Bana e Costa da Universidade Técnica de Lisboa.

Este método determina uma escala de valores para cada critério. A cada alternativa é adicionado, através de uma soma ponderada, um valor por critério.

Permite atribuir valores a cada alternativa através de uma comparação par a par. Perante duas alternativas o decisor tem que dizer qual a sua preferência de uma alternativa em relação a outra, usando a escala que se apresenta a seguir.

0- Indiferente	4-Forte
1- Muito fraca	5- Muito forte
2- Fraca	6- Extrema
3- Moderada	

Se não houver diferença de atractividade entre as duas alternativas é atribuído o valor 0.

Ao realizar esta análise pelo decisor, é preenchida uma matriz, onde é feita uma análise semântica, sugerindo, em caso de incoerência, como resolvê-la.

De seguida apresenta-se um exemplo da aplicação do MACBETH, para a organização pública responsável pela transmissão de electricidade em Portugal a REN (Rede Eléctrica Nacional, S.A.). O problema que se segue consiste em avaliar propostas, para identificar aquela que apresenta melhores valores na relação de custo/benefício, para a construção de uma nova estação eléctrica.

De seguida apresenta-se a lista dos critérios considerados para a avaliação das propostas:

- Restrições de oferta
- Valor acrescentado
- Plano de Equipamentos
- Metodologia e pontos críticos para a implementação
- Plano de recursos humanos
- Execução do programa

Apresenta-se a seguir a descrição de cada nível para garantir uma interpretação clara e inequívoca do seu significado. A escala final para cada critério é apresentada nas tabelas seguintes.

Níveis de desempenho para o critério "Plano de Equipamentos"	
Tempo de alocação por tipo de equipamento e de tarefa	L1
Tempo de alocação por tipo de equipamento	L2= Bom
Alocação por tipo de equipamento e de tarefa (Sem tempo de alocação)	L3
Alocação por apenas o tipo de equipamento (Sem tempo de alocação)	L4= Neutro
Sem alocação	L5

Tabela 3.11. – Níveis de desempenho para o critério Plano de Equipamentos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Níveis de desempenho para o critério "Restrições de Oferta"	
A proposta não apresenta qualquer restrição	L1= Bom
A proposta apresenta uma restrição que não compromete a sua execução de acordo com as especificações	L2= Neutro
A proposta apresenta restrições que compromete a sua execução de acordo com as especificações	L3
A proposta apresenta restrições que compromete a sua execução de acordo com as especificações e restrições adicionais que não compromete a execução de acordo com as especificações.	L4

Tabela 3.12. – Níveis de desempenho para o critério Restrições de oferta. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Níveis de desempenho para o critério "Valor Acrescentado"	
Valor acrescentado para equipamentos relevantes e outro valor acrescentado	L1
Valor acrescentado para equipamentos relevantes	L2= Bom
Sem valor acrescentado para equipamentos relevantes mas outro valor acrescentado	L3
Sem valor acrescentado	L4=Neutro

Tabela 3.13. – Níveis de desempenho para o critério Valor acrescentado. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Níveis de desempenho para o critério "Metodologia e Pontos Críticos para a Implementação"	
Metodologia detalhada; identifica questões críticas e propõe soluções	L1
Metodologia genérica; identifica questões críticas e propõe soluções	L2= Bom
Metodologia detalhada; identifica questões críticas mas não propõe soluções	L3
Metodologia genérica; identifica questões críticas mas não propõe soluções	L4
Metodologia detalhada; não identifica questões críticas	L5=Neutro
Metodologia genérica; não identifica questões críticas	L6
Metodologia não identificada	L7

Tabela 3.14. – Níveis de desempenho para o critério Metodologia e pontos críticos para a implementação. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Níveis de desempenho para o critério "Plano de Recursos Humanos"	
Tempo de alocação por categoria e actividade	L1
Tempo de alocação por categoria	L2= Bom
Alocação por categoria e actividade (Sem tempo de alocação)	L3
Alocação apenas por categoria (Sem tempo de alocação)	L4
Alocação apenas por actividade (Sem tempo de alocação)	L5=Neutro
Não apresenta nenhuma alocação	L6

Tabela 3.15. – Níveis de desempenho para o critério Plano de recursos humanos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Níveis de desempenho para o critério "Execução do Programa"	
Detalhada por actividade e subactividade	L1=Bom
Detalhada por actividade	L2
Genérico	L3=Neutro
Sem execução do programa	L4

Tabela 3.16. – Níveis de desempenho para o critério Execução do programa. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Uma função de valor permite atribuir uma pontuação para os níveis de um avaliador de desempenho relativamente á pontuação fixa de 0 e 100 atribuídos ao neutro e atribuídos aos bons níveis de referência no modelo aditivo. Portanto uma proposta que supera (fica aquém), o (do nível neutro do critério obterá uma pontuação positiva (negativa) e uma dívida que supere o nível bom no critério irá obter uma pontuação a exceder as 100 unidades de valor. A abordagem do método MACBETH e o respectivo software apoiaram esta tarefa. Para construir uma escala de valores para o critério plano de equipamentos, os decisores compararam a atractividade entre os vários níveis de desempenho (tabela 3.11). Em primeiro lugar compararam o nível de preferência L1 com o nível de menor preferência L5 e classificaram-no de muito forte ou extremo. De seguida compararam o segundo nível de preferência L2 com o menor nível de preferência L5 e classificaram de muito forte. O processo continua até completar a última coluna da matriz.

A matriz seguinte apresenta as diferenças de atractividade entre os vários níveis para o critério plano de equipamentos:

	L1	L2= Bom	L3	L4= Neutro	L5
L1	–	Moderado	Forte - Muito Forte	Muito Forte	Muito Forte - Extremo
L2= Bom		–	Forte - Muito Forte	Moderado	Muito Forte
L3			–	Moderado	Muito Forte
L4= Neutro				–	Muito Forte
L5					–

Tabela 3.17. – Matriz para o critério Plano de equipamentos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Para manter a consistência entre os níveis os decisores decidiram aumentar a diferença entre L2 e L4 para Muito Forte. Sem mais inconsistências entre os vários níveis, aplicou-se o método de programação linear, resultando a escala da figura seguinte:

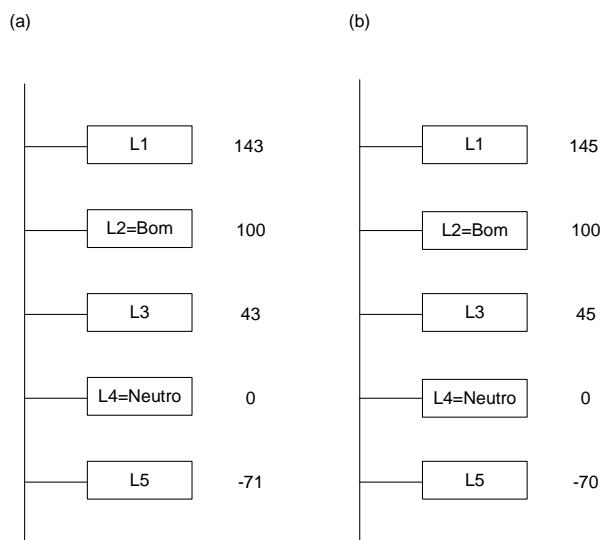


Figura 3.5. – Escalas do MACBETH para o critério Plano de equipamentos (a) Escala do MACBETH (b) Escala de intervalos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Para obter mais informações sobre a utilização da programação linear neste problema, consultar a secção 2.3 do respectivo artigo.

A escala (b) permite que futuras propostas sejam convertidas em valores, por exemplo uma proposta que tem um plano de equipamentos com alocação de tempo por tipo de equipamento e de tarefas (L1) receberá uma pontuação de 145 unidades de valor nesse critério. A figura seguinte apresenta o processo anterior aplicado aos restantes critérios.

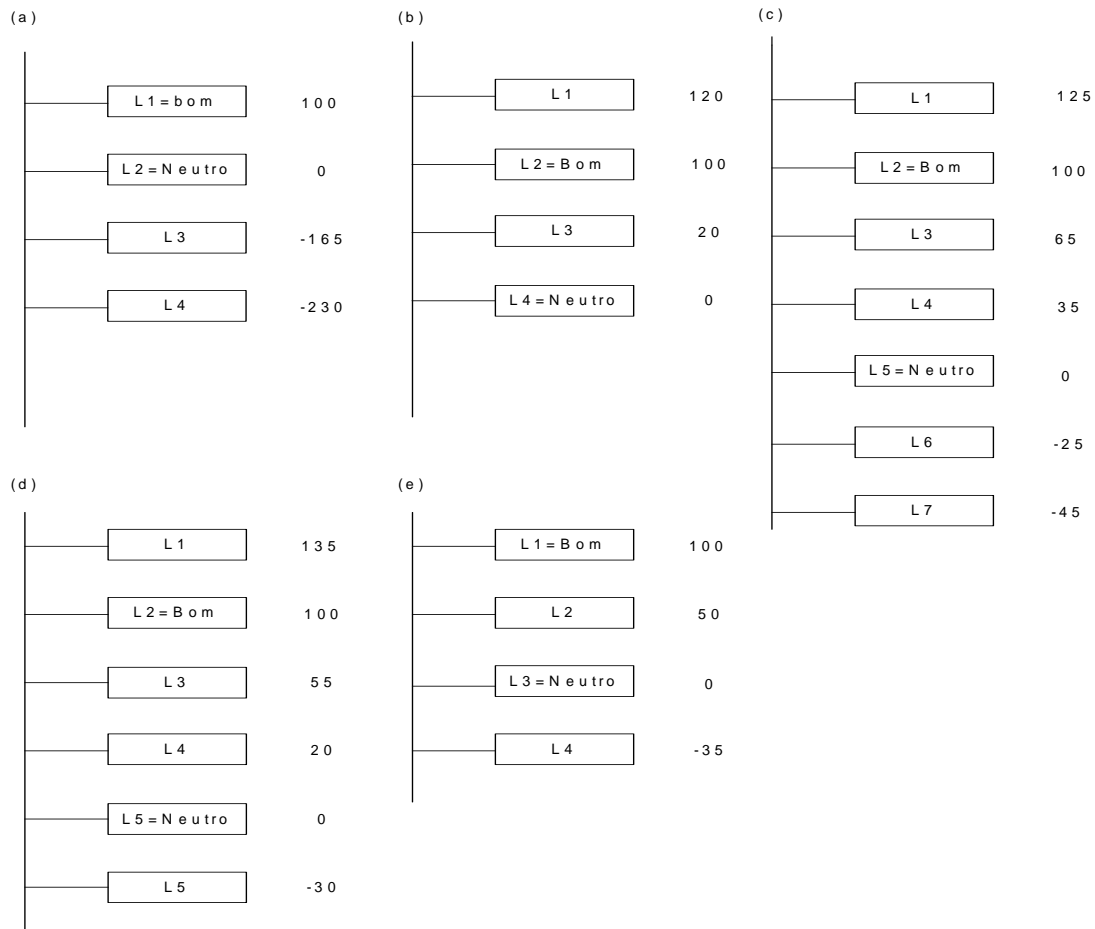


Figura 3.6. – Escalas do MACBETH para os critérios (a) Restrições de oferta (b) Valor acrescentado (c) Metodologia e pontos críticos para a implementação (d) Plano de recursos humanos (e) Execução do programa Escala de intervalos. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

Após discutirem, os decisores definiram a seguinte função de custos, e apresentaram a escala do MACBETH relativa aos pesos do critério benefício, que se apresenta a seguir:

$$100 \times \frac{\text{custo neutro} - \text{custo da proposta}}{\text{custo neutro} - \text{custo óptimo}}$$

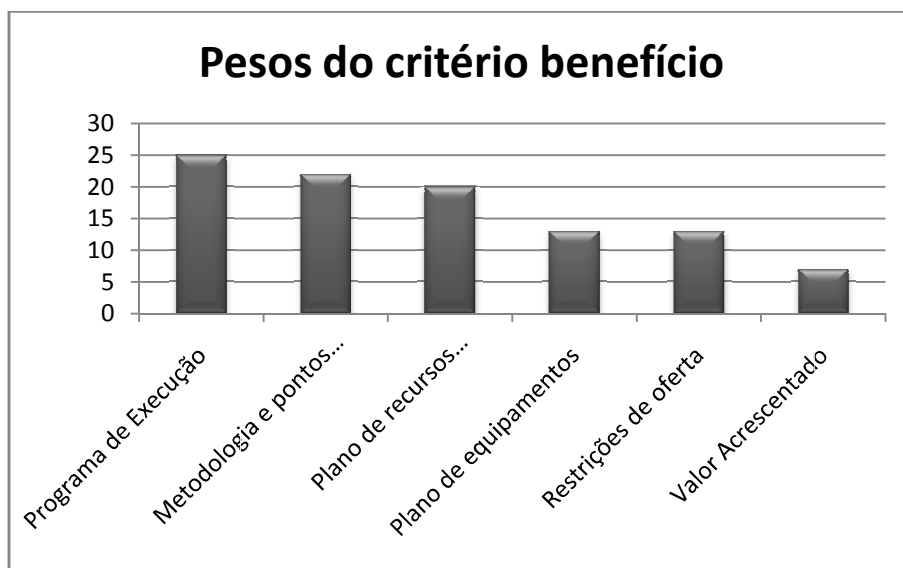


Figura 3.7. – Pesos do critério benefício. Adaptado de Bana e Costa et al. (2008).

A ferramenta M-MACBETH foi utilizada para testar o modelo, após dois anos de utilização intensiva do modelo, a REN concluiu que a avaliação de 127 propostas através do modelo implementado pelo MACBETH permitiu-lhes obter um ganho de 350 milhões de euros, não sentindo deste modo necessidade de alterar o modelo.

Capítulo 4. Comparação dos principais *softwares* de ADM

Neste capítulo apresentam-se os *softwares* encontrados na revisão bibliográfica, agrupados em seis categorias, defendidas por Figueira et al. (2005), apresentando o local onde podem ser encontrados.

4.1. Introdução

Na literatura existem muitos métodos para resolver problemas de análise de decisão multicritério, e uma vasta gama de *softwares* para os implementar.

Muitas das ferramentas ainda se encontram em fase experimental, associadas às investigações académicas. Por isso, fazer um levantamento de *softwares* existentes nesta área é uma tarefa difícil, não só pela rápida evolução na área da informática, mas também pelo facto da sua comercialização estar associada ao autor ou à universidade que o desenvolveu.

Os *softwares* de ADM atingem vários patamares do processo de decisão, desde a estruturação do problema, modelação das preferências até fornecer a solução final.

Neste estudo os vários *softwares* encontrados para ajudar a resolver problemas de ADM foram divididos em seis categorias: decisões em grupo; aplicações específicas; estruturação qualitativa de problemas; decisões com múltiplos objectivos; ordenação de problemas; decisões com múltiplos atributos. Esta divisão em seis categorias foi baseada no livro de Figueira et al. (2005) e no site oficial da sociedade internacional de Análise de Decisão Multicritério que se encontra na seguinte página: <http://www.mcdmsociety.org/>.

Algumas destas ferramentas não se encontram ainda em comercialização, apresentando-se nas tabelas do capítulo quatro o autor do artigo científico onde podem ser encontradas. As restantes apresentam uma página na Internet onde se pode descarregar uma versão gratuita para experimentação, comprar o produto e obter informações.

4.2. Estruturação Qualitativa de Problemas

O *software* desta categoria implementa as fases iniciais do processo de decisão: exploração e formulação do problema.

Categoria	Software	Localização do Software
<u>Estruturação qualitativa de problemas</u>	DECISION EXPLORER	http://www.banxia.com/dexplore/index.html

Tabela 4.1. – *Software* para estruturação qualitativa de problemas

4.2.1. DECISION EXPLORER

O DECISION EXPLORER pode facilitar a discussão em grupo e a compreensão do problema por meios visuais. Constrói um mapa cognitivo com os relacionamentos das variáveis, para identificar planos de acção.

No *software* estão presentes ferramentas analíticas que ajudam a analisar e a criar clusters de informação acerca do problema. De seguida apresenta-se um exemplo do ambiente de trabalho do DECISION EXPLORER retirado do seu manual de utilização.

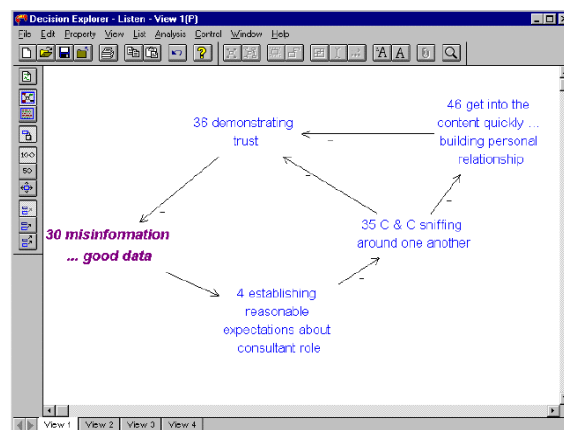


Figura 4.1. – Ambiente de trabalho do DECISION EXPLORER

Na internet existe uma versão gratuita para experimentação e uns preços especiais para uso académico que se encontram na tabela seguinte:

Licença	Preço
Uma licença standard académica	£344
Cinco utilizadores	£1180
Extensão da licença (1 a 9 utilizadores)	£185
Extensão da licença (10 a 19 utilizadores)	£145
Extensão da licença (+ 20 utilizadores)	£99
Guia do utilizador e manual de referências	£49
Licença de laboratório para 30 utilizadores, com 300 conceitos em cada modelo.	£895
Licença de laboratório para 30 utilizadores, com 800 conceitos em cada modelo.	£2970
Edição estudante com 300 conceitos, download disponível apenas na internet.	£99

Tabela 4.2. – Preço das licenças académicas para comprar o Decision Explorer

A licença de ensino pode ser usada por estudantes com projectos levados a cabo durante um período até três meses. Para grandes projectos de investigação (como doutoramentos), o utilizador deve comprar uma licença Standard académica.

Todos os pacotes incluem o *software*, o manual de referências e o guia do utilizador (manual) em formato pdf. Manuais impressos também estão disponíveis separadamente por £49. Pequenas actualizações gratuitas estão disponíveis na internet, assim como suporte técnico gratuito.

4.3. Decisões com Múltiplos Atributos

Os *softwares* desta categoria tratam qualquer tipo de problema de decisão onde se têm que escolher um conjunto finito de alternativas, caracterizadas por um conjunto de atributos.

Categoria	Software	Localização do Software
<u>Decisões com múltiplos atributos</u>	CRITERIUM DECISION PLUS	http://www.infoharvest.com/ihroot/index.asp
	DAM	Podinovski (1999)
	DECISION LAB	http://www.visualdecision.com/
	ELECTRE III-IV	http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#el34
	ELECTRE IS	http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#elis
	EQUITY	http://www.catalyze.co.uk/products
	EXPERT CHOICE	http://www.expertchoice.com/
	HIVIEW	http://www.catalyze.co.uk/products
	LOGICAL DECISIONS	http://www.logicaldecisions.com/
	MACBETH	http://www.m-macbeth.com/index.html
	M&P	Matarazzo (1988)
	MIIDAS	Siskos et al. (1999)
	MINORA	Siskos et al. (1993)
	MUSTARD	Beuthe and Scannella (1999)
	NAIADE	http://alba.jrc.it/ulysses/voyage-home/naiade/naisoft.htm
	ONBALANCE	http://www.krysalis.co.uk/
	PREFCALC	http://garage.maemo.org/projects/prefcalc/
	PRIAM	Levine and Pomerol (1986)
	PRIME DECISIONS	http://www.sal.tkk.fi/English/Downloadables/prime.html
	REMBRANDT	Lootsma (1992)
	SANNA	http://nb.vse.cz/~jablon/sanna.htm
	TOPSIS	http://www.stat-design.com/topsis-sdi.php
	UTA PLUS	http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#uta+
	VIP ANALYSIS	http://www4.fe.uc.pt/lmcaldas/english/vipa.htm
	V.I.S.A	http://www.simul8.com/products/visa.htm
	WEB-HIPRE	http://www.hipre.hut.fi/
	WINPRE	http://www.sal.hut.fi/Downloadables/winpre.html

Tabela 4.3. – *Software* para decisões com múltiplos atributos

CRITERIUM DECISION PLUS

CRITERIUM DECISION PLUS oferece aos utilizadores a oportunidade de optarem por uma técnica simples da avaliação multiatributo ou um AHP. O resultado do desempenho pode ser inscrito numa tabela ou numa janela de avaliação que fornece representações numéricas, gráficas e verbais. As incertezas podem ser tratadas por distribuições usuais ou por uma distribuição personalizada.

Na página da internet esta disponível uma versão estudante gratuita, que suporta modelos de tamanho reduzido, um manual de introdução ao CRITERIUM DECISION PLUS também gratuito. Não existem licenças académicas, os preços para venda apresentam-se a seguir:

Licença	Preço (U.S. Dollars)
CRITERIUM DECISION PLUS 3.0	\$895.00
Upgrade do CRITERIUM DECISION PLUS 3.0	\$595.00
Manual do utilizador adicional	\$40.00
Restituição do CD	\$10.00

Tabela 4.4. – Preço das licenças para comprar o CRITERIUM DECISION PLUS

DAM

Segundo Podinovski (1999) DAM (Decision Analysis Module) foi originalmente concebido como um módulo complexo de *software* para a análise de sistemas eléctricos. O teste à potencial optimalidade, a identificação de alternativas e a análise de sensibilidade visual são as principais opções de análise de decisão suportadas pela ferramenta.

Para resolver os programas lineares resultantes da análise de diferentes opções, a ferramenta utiliza uma versão simples do método simplex.

DECISION LAB

O DECISION LAB é um sistema de apoio à decisão baseado no método PROMETHEE. O utilizador pode definir a sua própria escala de medida. A metodologia usada exige menos comparações pelo decisor do que o método AHP. O *software* pode ser usado para decisões em grupo, fornecendo o perfil das acções. Na Internet existe uma versão gratuita para experimentação onde se podem encontrar exemplos de aplicação da ferramenta. A seguir apresenta-se o ambiente de trabalho do DECISION LAB, com um dos exemplos presentes no tutorial.

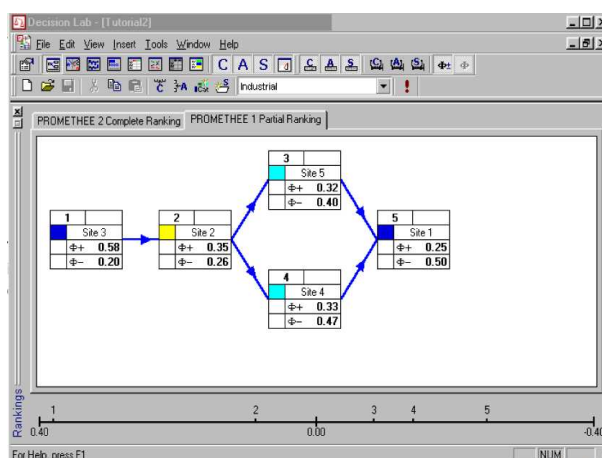


Figura 4.2. – Ambiente de trabalho do DECISION LAB

Uma licença académica custa 495€. O pacote inclui: *CD-ROM*, manual de utilizador e tutoriais. Este *software* garante apoio técnico via Internet ilimitado, upgrade gratuitos 180 dias após a data de compra. Se o cliente não estiver satisfeito devolvem o dinheiro desde que não ultrapassem os 30 dias após a data de compra.

ELECTRE III-IV

Os métodos ELECTRE III e IV têm como objectivo ordenar as alternativas da melhor para a pior. ELECTRE III possui um conjunto finito de acções avaliadas numa família consistente de pseudo critérios. ELECTRE IV por sua vez é destinado a problemas em que não se pode introduzir qualquer ponderação nos critérios.

Esta ferramenta encontra-se disponível desde 1994. Na página da internet está disponível uma versão demo para se experimentar o *software*, para se ter acesso a uma versão completa é preciso pedir á universidade de Paris-Dauphine. A imagem seguinte mostra o ambiente de trabalho da ferramenta aplicado a um exemplo que existe na versão demo.

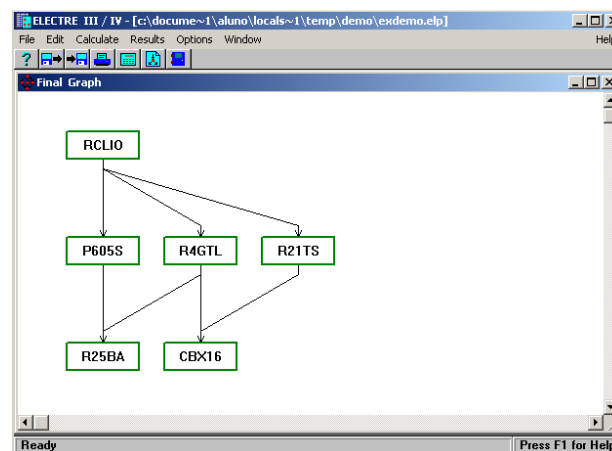


Figura 4.3. – Ambiente de trabalho do ELECTRE III-IV

ELECTRE IS

ELECTRE IS é uma generalização do método ELECTRE, que permite o uso dos pseudo critérios e apoia o utilizador no processo de seleccionar uma alternativa ou um subconjunto das alternativas. Existe uma versão inglesa da ferramenta, porém o manual de utilizador apenas se encontra em francês. Para adquirir a ferramenta tal como o *software* anterior é necessário entrar em contacto com a universidade de Paris-Dauphine.

EQUITY

EQUITY é uma ferramenta de análise de decisão multicritério que pode ser usada para obter melhores valores de dinheiro, acumulando recursos escassos.

É altamente adaptável e pode ser usado para endereçar uma variedade de problemas. Começa com a construção de um esboço do modelo, de seguida cada opção é avaliada por um conjunto de critérios, o modelo é avaliado e são apresentadas as recomendações.

Preenchendo um pequeno formulário que se encontra na página da internet do EQUITY é possível obter-se uma chave para utilizar o *software* durante 20 dias.

Na imagem seguinte apresenta-se um exemplo retirado da versão gratuita.

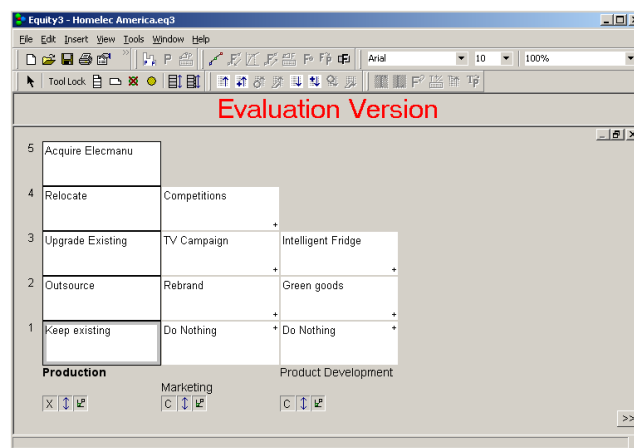


Figura 4.4. – Ambiente de trabalho do EQUITY

Preços para licenças académicas encontram-se na tabela seguinte:

Licença	Preço
Licença para 6 meses	£50
Licença de Professor	£250
Licença anual para o site	£1000
Licença permanente para o site com um ano de apoio técnico	£5000
Apoio técnico por um ano	£370
Um ano de apoio técnico para a licença de professor	£150

Tabela 4.5. – Preço das licenças académicas para comprar o EQUITY

EXPERT CHOICE

EXPERT CHOICE possui uma interface muito acessível e pode ser utilizado para decisões em grupo.

Usa uma técnica interactiva para construir um modelo que simula o fluxo das ideias, e os responsáveis pelas decisões podem organizar os objectivos. São fornecidos gráficos para análise de sensibilidade. É possível experimentar a ferramenta na versão 11.5 (versão experimental) durante 15 dias, através da página da internet. Para se saber os preços das licenças é preciso contactar a empresa.

O ambiente de trabalho é apresentado pela imagem seguinte retirada de um exemplo da versão gratuita.

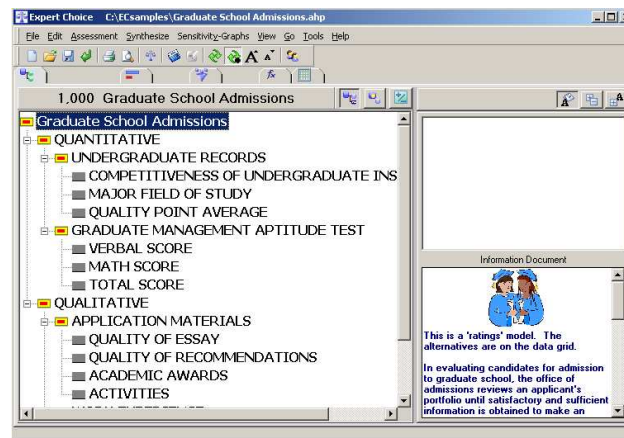


Figura 4.5. – Ambiente de trabalho do EXPERT CHOICE

HIVIEW

HIVIEW é a ferramenta que pode ser usada para suportar decisões com opções exclusivas. É altamente adaptável e pode ser usada para endereçar uma vasta área de problemas. HIVIEW e o *software* EQUITY partilham a mesma página da internet. Tal como o EQUITY está disponível uma chave online para ser possível experimentar a ferramenta gratuitamente durante 20 dias. Os preços para versões académicas são os mesmos do EQUITY à excepção do apoio técnico por um ano que, para o HIVIEW, custa 190 libras. O ambiente de trabalho do HIVIEW apresenta-se na imagem seguinte retirada de um exemplo da versão gratuita.

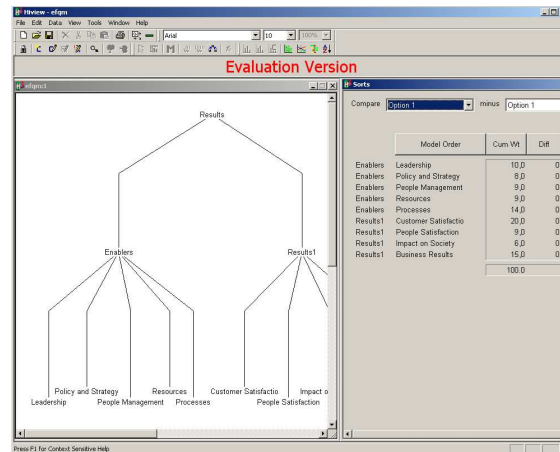


Figura 4.6. – Ambiente de trabalho do HIVIEW

LOGICAL DECISIONS

LOGICAL DECISIONS tem uma interface poderosa. Graficamente é possível ajustar pesos, usando um de entre cinco métodos disponíveis. Dispõe de análise de sensibilidade gráfica interactiva. Para estudantes activos o LOGICAL DECISIONS para Windows custa 65 dólares. Uma versão académica custa 789 dólares.

Online está disponível uma versão de experimentação gratuita por 30 dias, de onde foi retirado, de um exemplo, a imagem seguinte.

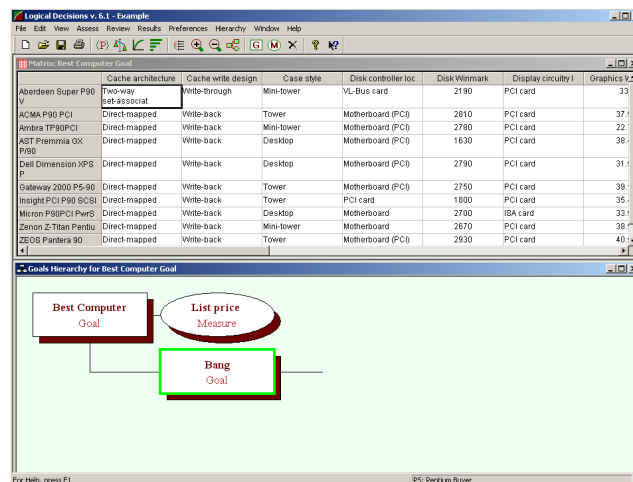


Figura 4.7. – Ambiente de trabalho do LOGICAL DECISIONS

MACBETH

MACBETH compara dois elementos de cada vez, pedindo somente um julgamento qualitativo da preferência, verifica automaticamente a consistência dos julgamentos e gera uma escala numérica representativa. Similarmente, gera escalas da ponderação para os critérios de decisão, e igualmente fornece a análise de sensibilidade.

Na página da internet encontra-se uma versão gratuita, um tutorial online e o manual do utilizador traduzido em várias línguas. Uma versão académica custa 175 euros por ano. Tal como nas ferramentas anteriores na versão gratuita encontram-se alguns exemplos para explicar melhor como funciona o *software* de onde se retirou a imagem seguinte.

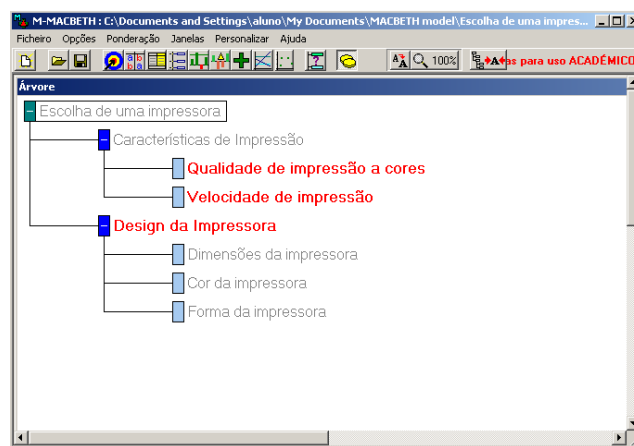


Figura 4.8. – Ambiente de trabalho do MACBETH

M&P

Segundo Matarazzo (1988) M&P oferece várias opções para modelação de preferências tais como trade-off específicos, a importância dos pesos, e a normalização por níveis. Algumas estatísticas clássicas para a avaliação das alternativas são permitidas (valores médios, desvios padrão, as correlações entre os critérios). Para cada par de critérios, limites e formas de indiferença podem ser definidas. É também possível representar graficamente perfis e os níveis das alternativas.

MIIDAS

Segundo Siskos et al. (1999) MIIDAS (Multicriteria Interactive Intelligence Decision Aiding System) baseia-se no método UTA.

MIIDAS utiliza inteligência artificial visual de procedimentos e técnicas para melhorar a análise dos dados, a interface com o utilizador e o carácter interactivo do sistema.

MINORA

Segundo Siskos et al. (1993) MINORA (Multicriteria Interactive Ordinal Regression) é um sistema de suporte à decisão interactivo baseado no método UTA. A interacção assume a forma de uma análise de contradições entre o decisor das classificações e os que derivam de medir a utilidade. O método pára quando um compromisso aceitável é determinado. O resultado é uma função aditiva que é utilizada para classificar o conjunto das alternativas.

MUSTARD

Segundo Beuthe and Scannella (1999), o *software* MUSTARD implementa variantes do método UTA e dos modelos Quasi-UTA. Oferece a base determinística do método UTA de desagregação, assim como a sua primeira versão estocástica programada. Em ambos os casos, o *software* ajuda o decisor a formular o problema e a indicar as preferências entre os projectos. Nos problemas estocásticos ajuda o decisor a construir a distribuição dos critérios.

NAIADE

NAIADE é um método multicritério discreto que fornece uma matriz de avaliação que pode incluir medidas estocásticas, ou medidas do desempenho de uma alternativa no que diz respeito a um critério de avaliação. Uma peculiaridade do NAIADÉ é o uso de procedimentos da análise de conflito integrados com resultados de multicritério.

Na página do *software* encontram-se alguns exemplos de problemas resolvidos com o NAIADÉ, como a imagem que se mostra a seguir.

Para se obter informação de preços e para obter a ferramenta é preciso contactar o fabricante.

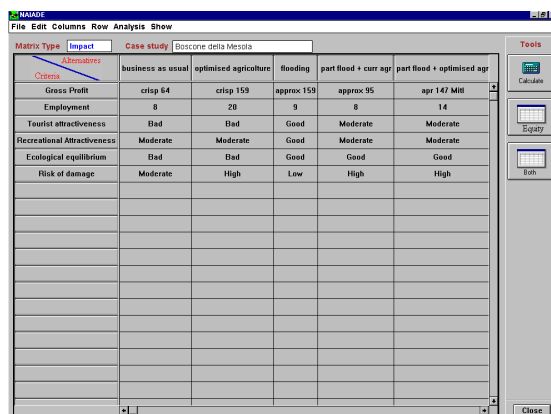


Figura 4.9. – Ambiente de trabalho do NAIAD

ONBALANCE

ONBALANCE baseia-se numa simples aproximação de ponderação, cada opção é avaliada por cada critério de decisão, e cada critério de decisão é um peso. Para uso académico esta ferramenta é gratuita, bastando preencher um pequeno formulário.

PREFCALC

PREFCALC é uma implementação mais recente do método UTA. Este *software* é de acesso livre, desenvolvido para sistemas operativos Linux.

PRIAM

Segundo Levine and Pomerol (1996) PRIAM (PRogramme utilisant l'Intelligence Artificielle en Multicritère) usa uma aproximação interactiva não organizada para encontrar a alternativa mais desejável. O utilizador tem de realizar um pequeno número de comparações.

PRIME DECISIONS

PRIME DECISIONS segue o método PRIME que usa intervalos de valores para a relação de preferência. Pode ser executado em Windows 95/98/NT, este *software* é de acesso livre para uso académico, inclui tutorial e requer 12 MB de espaço livre em disco. De seguida apresenta-se o seu ambiente de trabalho.

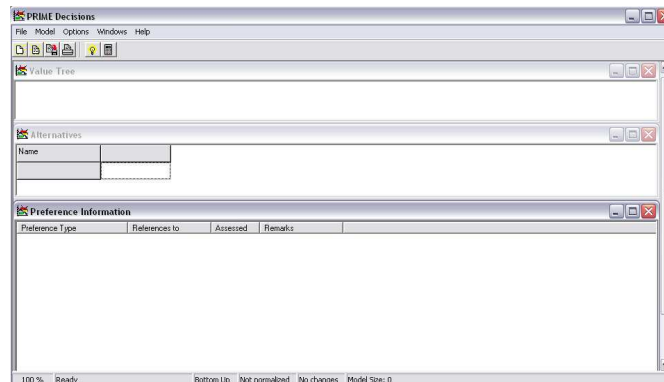


Figura 4.10. – Ambiente de trabalho do PRIME DECISIONS

REMBRANDT

Segundo Lootsma (1992) REMBRANDT exige que os responsáveis pelas decisões façam comparações por pares para determinar a sua importância relativa para cada critério. O REMBRANDT foi desenvolvido para superar falhas percebidas em AHP.

SANNA

SANNA é uma aplicação add-in de MS Excel. É o freeware que permite a resolução de problemas multicritério, usando diversos métodos (TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE II). SANNA pode resolver problemas até 100 alternativas e 50 critérios. A imagem seguinte é o exemplo disponível na página da ferramenta, ao se instalar o *software*.

	max	min	min	max	max	max	
	Accumulator	Weight	Price	Display	RAM	HD	Test
Olivetti	1.17	3.2	85	226	32	7.2	Nondominated
Chicory	1.38	2.9	70	121	32	6.8	Nondominated
Tascos	1.47	3	62	113	32	4.3	Nondominated
Quarana	2.08	3	74	113	32	7.2	Nondominated
Dell	1.97	3.3	161	242	64	10.6	Nondominated
AST	2.63	3.1	239	242	96	13.6	Nondominated
Weights	0,37961	0,15903	0,25961	0,09561	0,05812	0,05682	

Figura 4.11. – Ambiente de trabalho do SANNA

TOPSIS

TOPSIS implementa a ideia de que a alternativa preferida deve estar mais próxima da solução ideal e mais afastada da pior solução. Online estão disponíveis *screenshots* como o que se apresenta a seguir para apresentar a ferramenta.

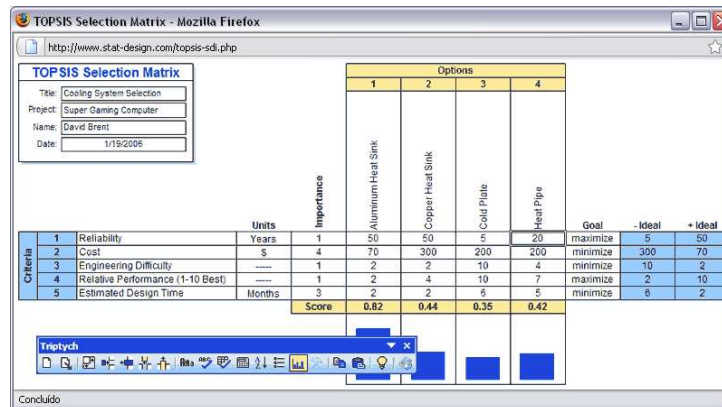


Figura 4.12. – Ambiente de trabalho do TOPSIS

UTA PLUS

O UTA PLUS é a última implementação do Windows do método UTA. O método pode ser usado para resolver a escolha de múltiplos critérios e a classificação dos problemas num conjunto finito de alternativas. Para aceder ao *software* é preciso contactar a universidade Paris-Dauphine.

VIP ANALYSIS

VIP ANALYSIS usa uma função de valor aditivo básica, que permite ao responsável pelas decisões fornecer a informação imprecisa para os parâmetros de importância dos critérios. É um *software* Português de acesso livre. Para ter acesso à ferramenta é preciso enviar um pedido ao fabricante. A imagem que se segue foi retirada do manual de utilizador e apresenta o ambiente de trabalho do VIP ANALYSIS a partir de um exemplo.

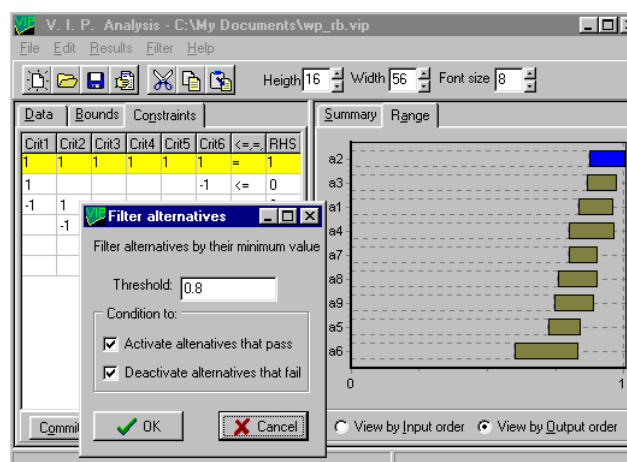


Figura 4.13. – Ambiente de trabalho do VIP ANALYSIS

V.I.S.A

V.I.S.A aplica uma função linear de valor multiatributo. Possui uma amigável relação gráfica para ajustar a hierarquia dos critérios e outros componentes do modelo. Uma licença académica para instalar V.I.S.A. em qualquer computador da instituição custa 2995 dólares.

WEB-HIPRE

WEB-HIPRE é um *software* acessível na internet baseado em AHP e em funções de valor. Permite ao utilizador personalizar a escala do atributo e combinar aproximações tais como AHP e funções de valor num único modelo.

Na internet está disponível uma versão demo que restringe modelos com mais de três níveis, com três elementos cada um. A versão demo também não permite salvar modelos. A imagem seguinte apresenta o ambiente do WEB-HIPRE, retirada da versão demo.

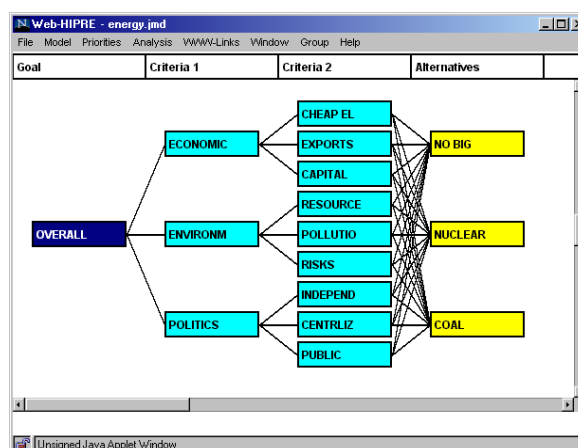


Figura 4.14. – Ambiente de trabalho do WEB-HIPRE

WINPRE

WINPRE usa uma metodologia chamada Pairs (*Preference Assessment by Imprecise Ratio Statements*) que permitem ao responsável pelas decisões construir uma escala de números para indicar as preferências entre alternativas. É um *software* de aceso livre, cujo ambiente é demonstrado na imagem que se segue. A imagem apresenta um exemplo existente na ferramenta.

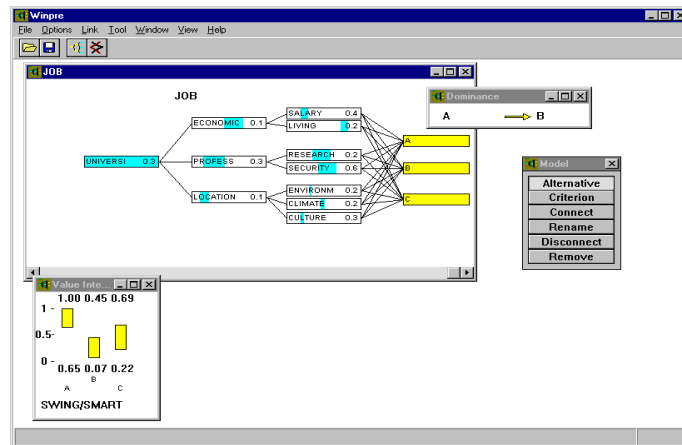


Figura 4.15. – Ambiente de trabalho do WINPRE

4.4. Decisões com múltiplos objectivos

Nos modelos de decisão com múltiplos objectivos, os critérios são expressos sob a forma das funções matemáticas objectivo que devem ser optimizadas. Estes modelos podem envolver funções objectivo lineares ou não lineares, e podem ter variáveis contínuas ou não.

Categoria	Software	Localização do Software
Decisões com múltiplos objectivos	ADBASE	Steuer (2000)
	ERGO	http://www.technologyevaluation.com/products/decision-support-systems/
	FGM	http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/mcdm.htm
	MULTIGEN	Mirrazavi et al. (2003)
	SOLVEX	http://www.ccas.ru/pma/product.htm
	TRIMAP	Clímaco and Antunes (1989)
	TOMMIX	Antunes et al. (1992)
	WWW-NIMBUS	http://nimbus.mit.jyu.fi/
	NIMBUS	

Tabela 4.6. – Software para decisões com múltiplos objectivos

ADBASE

Segundo Steuer (2000) ADBASE inicialmente escrito em FORTRAN, implementa programação linear com múltiplos objectivos. Esta ferramenta é mantida pela Universidade de Georgia nos Estados Unidos.

ERGO

ERGO permite criar modelos de decisão abrangentes para englobar componentes tanto quantitativos como qualitativos. Realiza análise detalhada, recorrendo à análise de sensibilidade. Na página da internet encontra-se uma versão gratuita para experimentar a ferramenta durante 30 dias. Encontra-se também o manual do utilizador de onde foi retirada a imagem seguinte, que ilustra um exemplo de como usar as potencialidades do *software*.

Para comprar a ferramenta e saber preços é preciso entrar em contacto com a empresa.

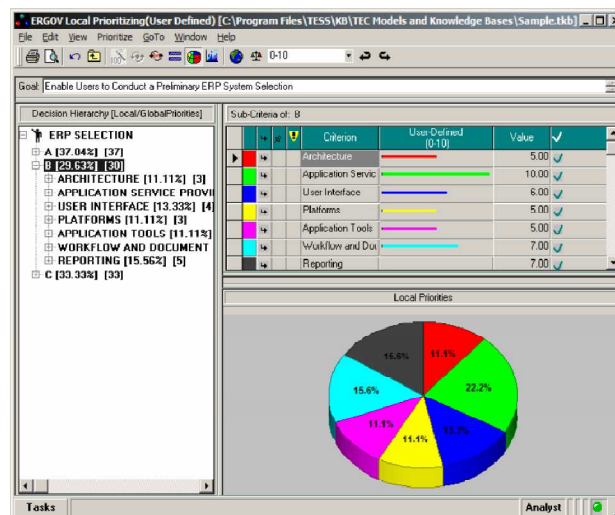


Figura 4.16. – Ambiente de trabalho do ERGO

FGM - Feasible Goals Method

FGM explora possíveis resultados de todas as decisões praticáveis. A informação objectiva de uma situação de decisão é indicada num formulário gráfico.

Na página da internet desta ferramenta é possível descarregar a ferramenta gratuitamente. O ambiente gráfico é apresentado a seguir através de um exemplo da própria ferramenta.

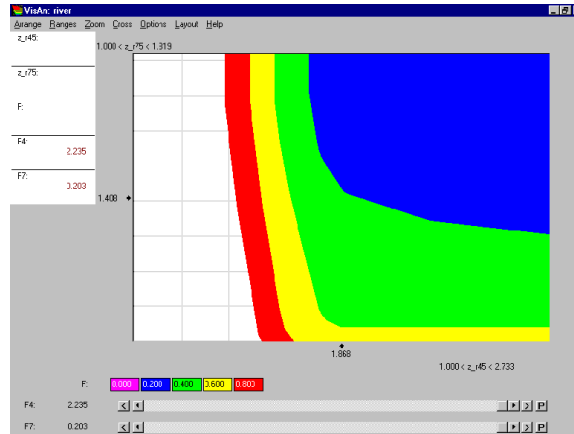


Figura 4.17. – Ambiente de trabalho do FGM

MULTIGEN

Segundo Mirrazavi et al. (2003) MULTIGEN contém um sistema de optimização e um agente de resolução genético heurístico do algoritmo. Pode ser usado para resolver modelos de programação lineares e não lineares com múltiplos objectivos.

SOLVEX

SOLVEX é um pacote de aplicação integrado que usa algoritmos de aproximação directa para resolução de problemas multicritério. Para aceder à ferramenta basta descarregar através da página da internet, de onde foi retirada a seguinte imagem:

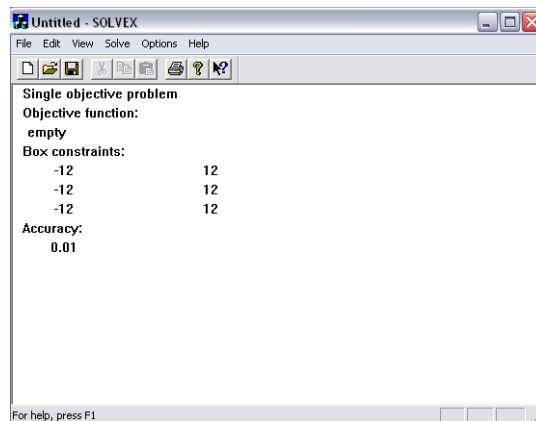


Figura 4.18. – Ambiente de trabalho do SOLVEX

TRIMAP

Segundo Clímaco and Antunes (1989) TRIMAP é uma aproximação interactiva ao óptimo de Pareto para a programação linear. O objectivo é ajudar o responsável pelas

decisões em eliminar as partes da solução óptima de Pareto que são avaliadas com menores valores.

TOMMIX

Segundo Antunes et al. (1992) TOMMIX é uma ferramenta flexível para o decisor. O *software* implementa vários métodos de optimização de problemas com múltiplos objectivos. Poderoso ao nível gráfico e ao nível de interacção com o decisor.

WWW-NIMBUS

WWW-NIMBUS, oferece ao decisor a oportunidade de em cada iteração dividir as funções objectivo em cinco classes exclusivas e permite fazer as mudanças desejáveis. Os algoritmos genéticos são usados como agentes de resolução subjacentes. Esta ferramenta é gratuita para uso académico, basta fazer um login e o *software* está disponível para ser usado na internet.

4.5. Ordenação de Problemas

Os *softwares* nesta categoria classificam as alternativas em grupos ou em classes predefinidas.

Categoria	Software	Localização do Software
<u>Ordenação de Problemas</u>	ELECTRE TRI	http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html#TRI
	IRIS	http://www4.fe.uc.pt/lmcdias/iris.htm
	PREFDIS	Zopounidis and Doumpos (2000)
	TOMASO	http://www.inescc.pt/~ewgmcda/SW_TOMASO.pdf

Tabela 4.7. – *Software* para ordenação de Problemas

ELECTRE TRI

ELECTRE TRI classifica as alternativas através de alternativas de referência. Dois procedimentos (pessimista e optimista) são fornecidos para tratar as situações em que as alternativas são incomparáveis com algumas das alternativas de referência.

Na internet encontra-se uma versão demo para experimentar, e um manual de utilizador. Para se ter acesso à ferramenta é preciso contactar a Universidade de Paris-Dauphine. Da versão demo retirou-se a seguinte imagem para apresentar o ambiente de trabalho da ferramenta.

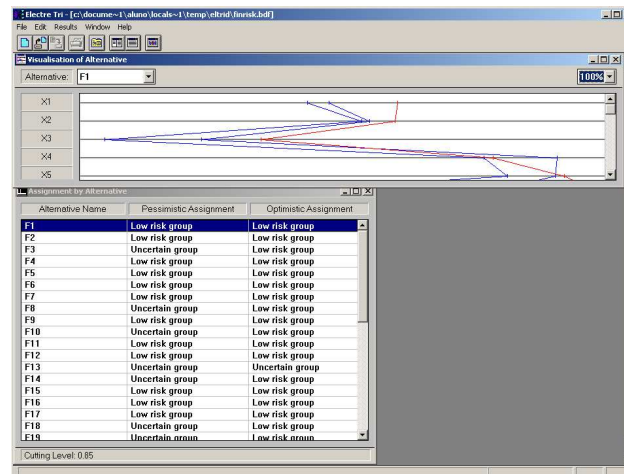


Figura 4.19. – Ambiente de trabalho do ELECTRE TRI

IRIS

IRIS é um sistema de suporte à decisão para classificar um conjunto de acções em categorias de acordo com as suas avaliações nos múltiplos critérios. Esta ferramenta é portuguesa desenvolvida pelo professor Luís Dias da Universidade de Coimbra. Na página da internet encontra-se uma versão demo gratuita de onde foi retirada a imagem que se segue que demonstra um exemplo que a versão demo possui. Para obter uma versão comercial é preciso entrar em contacto com o Professor Luís Dias.

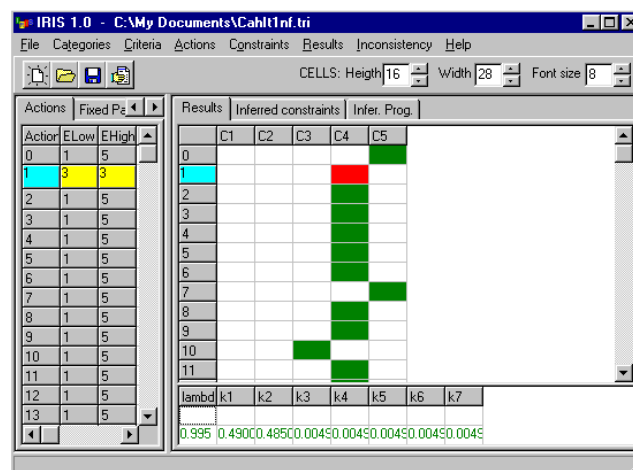


Figura 4.20. – Ambiente de trabalho do IRIS

PREFDIS

Segundo Zopounidis and Doumpos (2000) PREFDIS dispõe de diferentes técnicas de ordenação e fornece uma interface gráfica com o utilizador. Esta ferramenta tem sido aplicada para gestão financeira.

TOMASO

TOMASO é uma ferramenta para ordenar qualitativamente a interacção dos pontos de vista. Este *software* é de acesso livre, e pode ser obtido a partir dos autores. Também se pode ter acesso ao tutorial bem como a actualizações e melhoramentos da ferramenta.

4.6. Aplicações específicas

Nesta categoria referenciam-se algumas aplicações desenvolvidas para áreas específicas.

Categoria	Software	Localização do Software
<u>Aplicações específicas</u>	AUTOMAN	http://www.ntis.gov
	BANKADVISOR	Mareschal and Brans (1991)
	CASTART	Gandibleux (1999)
	DECISION DECK	http://sourceforge.net/projects/decision-deck/
	DIDASN++	Wierzbicki and Granat (1999)
	ESY	Papamichail and French (2000)
	FINCLAS	Zopounidis and Doumpos (1998)
	INVEX	Vrane et al. (1996)
	LPA VISIRULE	http://www.lpa.co.uk/
	MARKET EXPERT	Matsatsinis and Siskos (1999)
	MEDICS	Du Bois et al. (1989)
	MOIRA	http://user.tninet.se/~fde729o/MOIRA/Software.htm
	PROAFTN	Belacel (1998)
	SANEX	http://www.iees.ch/EcoEng001/EcoEng001_R3.html
	SKILLS EVALUATOR	Anestis et al. (2006)
	TELOS	Grigoroudis et al. (2000)
	WATER QUALITY PLANNING DSS	http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/papers/vodhoz.htm

Tabela 4.8. – *Software* para aplicações específicas

AUTO MAN

AUTO MAN é uma execução de AHP, projectada para suportar decisões sobre investimentos de automatização em fábricas.

BANKADVISOR

Segundo Mareschal and Brans (1991) BANKADVISOR estuda clientes industriais. Esta ferramenta de suporte à decisão baseada no método PROMETHEE auxilia os analistas financeiros na tomada de decisões, tal como a oferta de empréstimos e definição das

respectivas condições. Este sistema de suporte à decisão utiliza dados financeiros a partir de balanços e demonstração de resultados.

CASTART

Segundo Gandibleux (1999) CASTART é uma ferramenta interactiva para seleccionar alternativas de produção de electricidade.

DECISION DEK

DECISION DEK visa desenvolver uma plataforma genérica de tomada de decisão composta por módulos de componentes de *software*. Estes componentes executam as funcionalidades comuns de uma grande escala de métodos multicritério. Esta ferramenta é de uso gratuito existindo versões tanto para Windows como para Linux.

DIDASN++

Segundo Wierzbicki and Granat (1999) DIDASN++ é um sistema interactivo de modelação, baseado em múltiplos critérios, para aplicações de engenharia. É uma versão mais moderna, escrita em C++, do programa mais antigo DIDASN, originalmente escrito em Pascal.

ESY

Segundo Papamichail and French (2000) ESY (Evaluation SYstem) ajuda os decisores a tomar decisões mais racionais e promove a obtenção de decisões mais consistentes ao longo de todas as fases do processo de decisão de uma emergência nuclear.

FINCLAS

FINCLAS incorpora a modelação de ferramentas financeiras. Utiliza os métodos da desagregação de preferências que conduzem ao desenvolvimento de modelos para a classificação das alternativas em classes predefinidas.

INVEX

Segundo Vrane et al. (1996) INVEX (INVestment advisory EXpert system), combina vários métodos para ajudar os decisores na escolha de empresas para investimento de

capital em projectos. Esta ferramenta possui uma extensão do método PROMETHEE. Este sistema, que os autores descrevem como um método multi-paradigma, utiliza conhecimento de especialistas e métodos de avaliação de risco.

LPA

LPA constrói sistemas reguladores de conformidade, sistemas de tomada de decisão financeira e sistemas de validação. Este *software* é gratuito a partir da página da internet. O ambiente de trabalho apresenta-se a seguir:

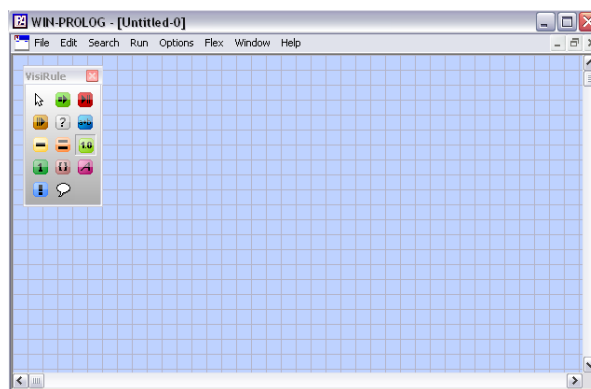


Figura 4.21. – Ambiente de trabalho do LPA

MARKET EXPERT (MARKEX)

Segundo Matsatsinis and Siskos (1999) MARKEX fornece sustentação para os vários estágios do processo de decisão no desenvolvimento de produtos. A base do modelo abrange: sistema de escolha do consumidor, sistemas de análise multicritério e sistemas de análise estatística.

MEDICS

Segundo Du Bois et al. (1989) MEDICS é um sistema baseado em conhecimento, para ajudar os médicos nos diagnósticos, ajuda a distinguir possíveis doenças. Inclui uma análise de decisão multicritério baseada no método PROMETHEE para melhorar resultados.

MOIRA

MOIRA selecciona estratégias para restaurar o abastecimento de água após a introdução accidental de substâncias radioactivas. Realiza análises de sensibilidade. Esta ferramenta é de acesso livre.

PROAFTN

PROAFTN é uma ferramenta para uso médico que permite a determinação de relações de indiferença generalizando os índices (concordância e discordância), usado no método ELECTRE III.

SANEX

SANEX é um programa informático para suportar a avaliação de sistemas de saneamento. Usa critérios financeiros com técnicas de análise de decisão multicritério. Este *software* é gratuito, bastando descarregar da página de internet.

Skills Evaluator

Skills Evaluator é um sistema de suporte à decisão para a avaliação individual das qualificações e das habilidades da tecnologia da informação.

TELOS

Segundo Grigoroudis et al. (2000) TELOS é um *software* de marketing para avaliar a satisfação do cliente. Esta ferramenta tem por objectivo principal agregar as preferências individuais dos clientes numa função de valor colectivo baseada na noção de que a satisfação de um cliente global depende de um conjunto de critérios representando o produto. Uma vantagem da ferramenta é que ela prevê a preferência qualitativa dos clientes.

WATER QUALITY

Water Quality é uma ferramenta para o planeamento da qualidade da água, baseada no método FGM fornece ao decisor, critérios de custo e de poluição. A informação promove o entendimento do problema e ajuda a identificar estratégias de tratamento de desperdícios de água o que promove o equilíbrio entre custos e poluição.

4.7. Decisões em grupo

Os *softwares* nesta categoria servem essencialmente para lidar com problemas onde existe mais do que um decisor, para a tomada de decisão.

Categoria	Software	Localização do Software
<u>Decisões em grupo</u>	AGAP	Costa et al. (2003)
	ARGOS	Colson (2000)
	GMCR	Hipel et al. (1997)
	HIPRIORITY	http://www.krysalis.co.uk/
	MEDIATOR	http://www.matchware.com/en/products/mediator/
	SCDAS	Lewandowski (1989)
	WINGDSS	http://www.oplab.sztaki.hu/wingdss_en.htm

Tabela 4.9. – *Software* para decisões em grupo

AGAP

Segundo Costa et al. (2003) AGAP é um sistema distribuído de apoio à decisão em grupo, que permite aos responsáveis pelas decisões cooperarem na avaliação e na selecção de projectos de investimento. Esta ferramenta suporta tanto a utilização síncrona como assíncrona, fornecendo apoio à decisão individual, inter-pessoal, e colectiva.

ARGOS

Segundo Colson (2000) ARGOS é uma ferramenta para facilitar um pequeno grupo de avaliação de projectos ou de classificação de candidatos utilizando os métodos outranking, organizada em duas fases: uma fase multicritério e uma fase de multi-decisores. A primeira fase usa os métodos outranking para determinar a classificação de candidatos para cada juiz. Na segunda fase ARGOS utiliza várias funções sociais de escolha para chegar ao candidato vencedor.

GMCR

Segundo Hipel et al. (1997) GMCR (Graph Model for Conflict Resolution) pode modelar as decisões estratégicas, de acordo com a previsão das soluções, e auxiliar na avaliação política, económica, ambiental e da viabilidade social de cenários alternativos para a resolução de conflitos. O *software* é baseado no modelo gráfico para a resolução de conflitos.

HIPRIORITY

No HIPRIORITY os pesos são atribuídos aos critérios e às alternativas, o *software* reserva dependências específicas entre as alternativas. Para visualizar o custo/benefício das relações a ferramenta cria árvores simples do custo dos elementos com o seu correspondente benefício. Esta ferramenta é gratuita para uso académico.

MEDIATOR

O MEDIATOR é um sistema de Suporte para negociações, baseado em sistemas de concepção evolutiva e bases de dados centralizadas. O problema da negociação é mostrado graficamente. Para licenças académicas é preciso contactar o fabricante.

SCADAS

Segundo Lewandowski (1989) SCADAS (Selection Committee Decision Analysis and Support), foi concebido para apoiar grupos com objectivos comuns e a necessidade de trabalhar cooperativamente para escolher a melhor alternativa. Ajuda a identificar níveis de aspiração, avaliar discordâncias, agregar as avaliações de cada membro do grupo, etc.

WINGDSS

WINGDSS fornece uma contagem final para cada alternativa e assim uma classificação completa. Os pesos das preferências são dados directamente pelos utilizadores. A análise de sensibilidade permite estudar o efeito das variações dos parâmetros.

Capítulo 5. Método para Selecção de *Softwares* de ADM

Neste capítulo será abordado o método para selecção de *softwares* de ADM, que será utilizado na construção do MCDAS (MultiCriteria Decision Aid Software). Detalhadamente serão apresentados os critérios utilizados pelo método proposto, também será apresentada uma norma relevante no processo de aquisição de *software*.

5.1. Procedimentos para selecção de *softwares* de ADM

O procedimento para selecção de *softwares* de ADM foi baseado no trabalho desenvolvido por Saaty (1980). Este autor defende a estruturação do procedimento em duas fases. Na primeira, são desclassificados os softwares de ADM que não suportem os critérios considerados essenciais. Já na segunda fase, procura-se avaliar a qualidade das ferramentas, comparando o seu desempenho, esta selecção segue as premissas do método AHP. Cada uma dessas fases possui um conjunto de passos que serão detalhados na figura seguinte.

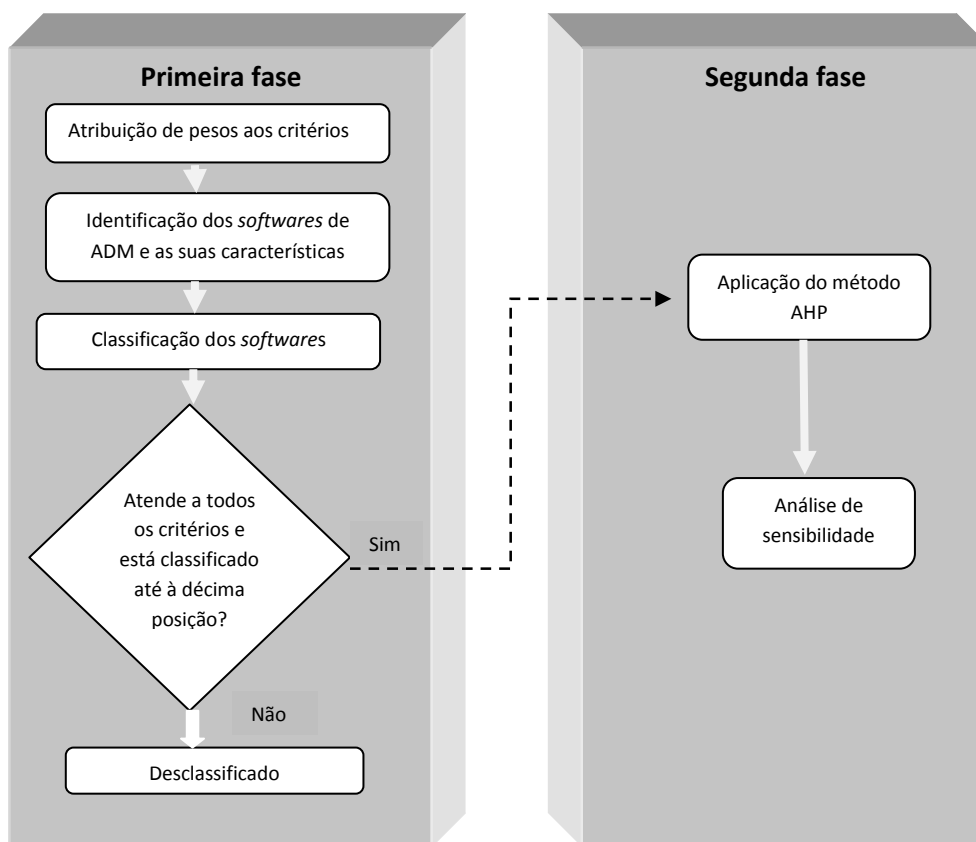


Figura 5.1. – Procedimento para selecção de softwares de ADM

Na primeira fase, inicialmente serão atribuídos pesos aos critérios segundo a sua importância. Com base nesses critérios, os *softwares* serão avaliados e classificados, assim permitirá excluir aqueles que não atendem aos critérios definidos como essenciais.

Assegura-se assim que somente as ferramentas com maior pontuação sejam avaliadas na fase seguinte, mantendo no entanto, um conjunto representativo e assegurando a eficiência do método, visto que serão rapidamente definidos os *softwares* que passarão à fase seguinte.

5.2. Critérios para selecção de *softwares* de ADM

A utilização de critérios para a avaliação de *softwares* é essencial para a selecção da melhor opção disponível no mercado.

Os critérios para avaliação de *softwares* de ADM propostos têm base nos trabalhos revisados de Banks (1991), para selecção de *softwares* de simulação.

A tabela seguinte apresenta os critérios considerados para a selecção de *softwares* de ADM.

Critérios para a selecção de <i>softwares</i> de ADM
Compatibilidade entre Sistemas Operativos
Custo de uma licença
Interacção com o utilizador
Manual do utilizador e Tutoriais
Exemplos de aplicação
Ajuda <i>on-line</i>
Versão gratuita

Tabela 5.1. – Critérios para a avaliação de *softwares* de ADM

A compatibilidade entre sistemas operativos, permite ao utilizador instalar o *software* em qualquer versão Microsoft Windows, distribuições Linux, Mac OS, Solaris etc., sendo este critério também considerado. Deve ser cuidadosamente analisado o custo envolvido no processo de aquisição de licenças, bem como analisar a interacção com o utilizador, que é um factor importante visto que em problemas de decisão trabalha-se com informação em tempo real.

Deve ser feita uma análise global das características oferecidas pela ferramenta que facilitem a criação do modelo, para avaliar o tempo que é necessário para a sua construção, aumentando assim a eficiência e produtividade.

A disponibilidade do manual do utilizador com informação actualizada e detalhada de como instalar e desinstalar o *software* e guia de referência para comandos e funções bem como a publicação de tutoriais que explorem as características das ferramentas, são critérios que devem ser considerados na avaliação do suporte técnico.

A existência de exemplos simples de aplicação da ferramenta ajuda a compreender melhor as funções e os comandos. O suporte técnico através de mensagens de correio electrónico é um critério a ter em conta pois possibilita o esclarecimento de dúvidas e facilita o contacto entre o utilizador e o fornecedor.

Outro critério a ter em conta é a disponibilidade de uma versão limitada gratuita, que permite a construção de modelos simples, que facilita a aprendizagem e o contacto inicial com a ferramenta.

5.3. Norma para aquisição de *software*

A norma IEEE 1062 (1998) apresenta as práticas recomendadas para aquisição de *software*, para qualquer tipo de plataforma computacional.

Segundo esta norma o ciclo de vida da aquisição de uma ferramenta compreende o período de decisão de adquiri-la até ao momento em que o *software* tem um uso descontinuado. Tipicamente, as fases de planeamento, contratação, implementação, aceitação e acompanhamento formam este ciclo.

Esta norma ajuda a definir as distintas funções para compradores e fornecedores, ficando definido o papel de cada um neste processo. O maior destaque é dado ao papel do fornecedor, permitindo monitorizar o progresso do seu trabalho e tratar da elaboração da documentação, garantir a qualidade e validar as actividades realizadas durante o processo de desenvolvimento da ferramenta.

Segundo IEEE (IEEE, 1998) o sucesso na aquisição de um *software* apenas é alcançado quando as seguintes acções são executadas:

- a) Identificação das características de qualidade necessárias para atingir os objectivos do adquirente.
- b) Inclusão de considerações de qualidade nas actividades de planeamento, avaliação e aceitação.
- c) Implementação de uma estratégia organizacional para a aquisição de *software*.
- d) Estabelecimento de um processo de aquisição de *software* baseado nos passos sugeridos pela norma.
- e) Utilização prática do processo.

Esta norma proporciona às organizações que a implementam uma melhor compreensão das actividades a serem executadas.

Capítulo 6. MCDAS

Neste capítulo é apresentada a linguagem de programação que vai ser utilizada para a realização da ferramenta de suporte à decisão multicritério, bem como as características dos softwares relativamente aos critérios propostos. É apresentada a interface da ferramenta MCDAS, bem como o seu desenvolvimento.

6.1. Especificação da Linguagem de Programação

A linguagem de programação escolhida para a realização do MCDAS (Multicriteria Decision Aid Software) foi o Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition. Esta linguagem de programação criada pela Microsoft é orientada aos objectos e tem suporte UML. A escolha de uma ferramenta Microsoft.Net deve-se ao facto desta iniciativa da Microsoft ter em vista uma plataforma única para o desenvolvimento e execução de aplicações.

Um dispositivo que possua a plataforma .Net., pode executar código desde que gerado em .Net. Assim um programa escrito em qualquer linguagem de programação, é compilado pela linguagem escolhida e gera código na linguagem intermediária o MSIL (Microsoft Intermediate Language).

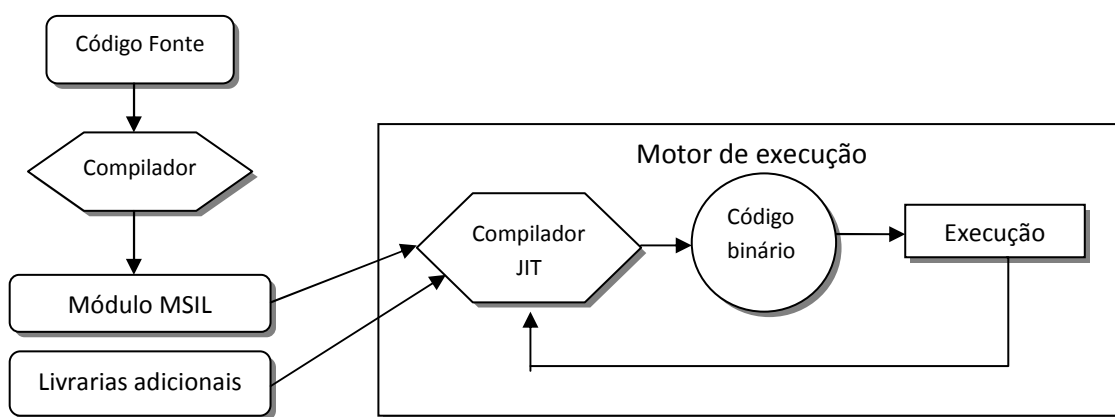


Figura 6.1. – Processo de compilação instantânea de código MSIL. Adaptado de Blanco (2002)

Do esquema anterior podemos perceber que nas aplicações .Net ocorrem duas compilações, uma quando se compila o código para MSIL e outra depois em runtime onde um compilador *just-in-time* (JIT) compila em código nativo no momento da primeira execução.

Um CLR (Common Language Runtime) é utilizado para executar a plataforma .Net. Este ambiente é independente da linguagem de programação. Este CLR interage com uma colecção de bibliotecas unificadas, que no conjunto formam a Framework. Este CLR é capaz de executar trinta e uma linguagens de programação, interagindo entre si como se tratasse apenas de uma única linguagem. Estas são:

- APL
- Boo
- COBOL
- Component Pascal
- Perl
- Visual Basic
- Eiffel
- Forth
- Fortran
- Haskell
- Java
- JScript
- J#
- Lua
- Mercury
- Mondrian
- Oberon
- Delphi Language
- Object Pascal
- Oz
- Pascal
- C#
- PowerBuilder
- PowerShell
- Python
- RPG
- Ruby
- Scheme
- SmallTalk
- Standard ML
- C++

De entre estas linguagens a escolhida para realizar o MCDAS, foi o Visual Basic, pela sua simplicidade, aprendizagem fácil e por apresentar no final do trabalho uma interface agradável.

A orientação a objectos e a plataforma são as maiores vantagens entre VB.Net e o VB normal. A plataforma fornece um ambiente de execução completamente seguro, como o código não é compilado mas sim interpretado, tem controlo total da execução desde a prevenção de acções maliciosas até ao controlo de erros que poderiam ser fatais para o sistema.

6.2. Características dos softwares relativamente aos critérios propostos.

A tabela seguinte apresenta as características dos softwares relativamente aos critérios considerados na avaliação de *softwares* de ADM.

Categoria	Software	Critérios						
		Compatibilidade entre Sistemas Operativos	Custo de uma licença	Interacção com o utilizador	Manual do utilizador e Tutoriais	Exemplos por meio de aplicações	Ajuda <i>on-line</i>	Versão gratuita
Estruturação qualitativa de problemas	DECISION EXPLORER	Não	456€	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
Decisões com múltiplos atributos	CRITERIUM DECISION PLUS	Não	636€ (\$895)	Muito boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	DECISION LAB	Não	990€	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	ELECTRE III-IV	Não	519€*	Razoável	Sim	Sim	Não	Sim
	ELECTRE IS	Sim	519€*	Boa	Sim	Sim	Não	Não
	EQUITY	Sim	2143€ (£1850)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	EXPERT CHOICE	Não	1955€ (\$2750)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	HIVIEW	Sim	1100€ (£950)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	LOGICAL DECISIONS	Não	566€ (\$796)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	MACBETH	Sim	1750€	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	ONBALANCE	Não	640€ (\$900)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	PREFCALC	Não	Gratuito	Razoável	Não	Não	Não	Sim
	PRIME DECISIONS	Não	Gratuito	Boa	Sim	Não	Não	Sim
	SANNA	Não	Gratuito	Boa	Sim	Sim	Não	Sim
	TOPSIS	Não	696€ (\$979)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	UTA PLUS	Não	519€*	Boa	Sim	Não	Não	Sim
	VIP ANALYSIS	Não	Gratuito	Boa	Sim	Sim	Não	Sim
	V.I.S.A	Sim	350€ (\$495)	Boa	Sim	Sim	Não	Sim
	WINPRE	Não	Gratuito	Boa	Não	Sim	Não	Sim
Decisões com múltiplos objectivos	ERGO	Não	2134€ (\$3000)	Muito boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	FGM	Não	Gratuito	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	SOLVEX	Sim	Gratuito	Razoável	Sim	Não	Não	Sim
	WWW-NIMBUS	Sim	519€*	Muito boa	Sim	Sim	Não	Sim
Ordenação de Problemas	ELECTRE TRI	Não	519€*	Razoável	Sim	Sim	Não	Sim
	IRIS	Não	1000€	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
Aplicações específicas	AUTOMAN	Não	56€ (\$79)	Razoável	Sim	Sim	Sim	Sim
	DECISION DECK	Sim	Gratuito	Boa	Sim	Não	Não	Sim
	LPA VISIRULE	Sim	Gratuito	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	MOIRA	Não	Gratuito	Razoável	Não	Não	Não	Sim
	SANEX	Não	Gratuito	Muito boa	Sim	Sim	Não	Sim
	WATER QUALITY PLANNING DSS	Não	Gratuito	Razoável	Não	Não	Não	Sim
Decisões em grupo	HIPRIORITY	Não	1969€ (£1700)	Muito boa	Sim	Sim	Sim	Sim
	MEDIATOR	Não	694€ (\$599)	Boa	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 6.1. – Características dos softwares relativamente aos critérios propostos.

(* Valores estimados)

A algumas das ferramentas atribui-se um valor médio de 519€, para o custo de uma licença, devido à falta de informação e ausência de resposta à solicitação dessa informação, por parte dos responsáveis pelas mesmas.

Os preços do custo de uma licença, foram convertidos para euros à taxa em vigor na data presente, 17 de Agosto de 2009.

1 USD = 0.708486 EUR

1 GBP = 1.16458 EUR

A ferramenta Wingdss foi excluída desta tabela por neste momento se encontrar em actualizações e não se encontrar à venda.

6.3.MCDAS

MCDAS foi a ferramenta desenvolvida, em *Microsoft Visual Basic Express Edition*, com o intuito de ajudar os decisores na selecção de software de análise de decisão multicritério. Por ser uma ferramenta simples, este software é de aprendizagem muito fácil. A sua interface permite aceder a quatro menus: *Ficheiro*, *Software*, *Idioma* e *Help*. Na opção *Ficheiro* o utilizador tem três opções: *Novo*, *Abrir* e *Sair*. Na opção *Novo* o utilizador acederá a janela de atribuição de pesos aos critérios. Essa atribuição é feita numa escala de 1 a 9 que segundo Saaty (1980) é suficiente para quantificar a preferência dos decisores. Esta escala é melhor explicada na secção de explicação do algoritmo (6.4).

Na opção *Abrir* o utilizador poderá abrir um ficheiro que contenha alguma informação de que precise no momento. Ao pressionar a opção *Sair*, o utilizador sairá da ferramenta. A imagem seguinte apresenta a interface do menu *Ficheiro*, na opção *Novo*.

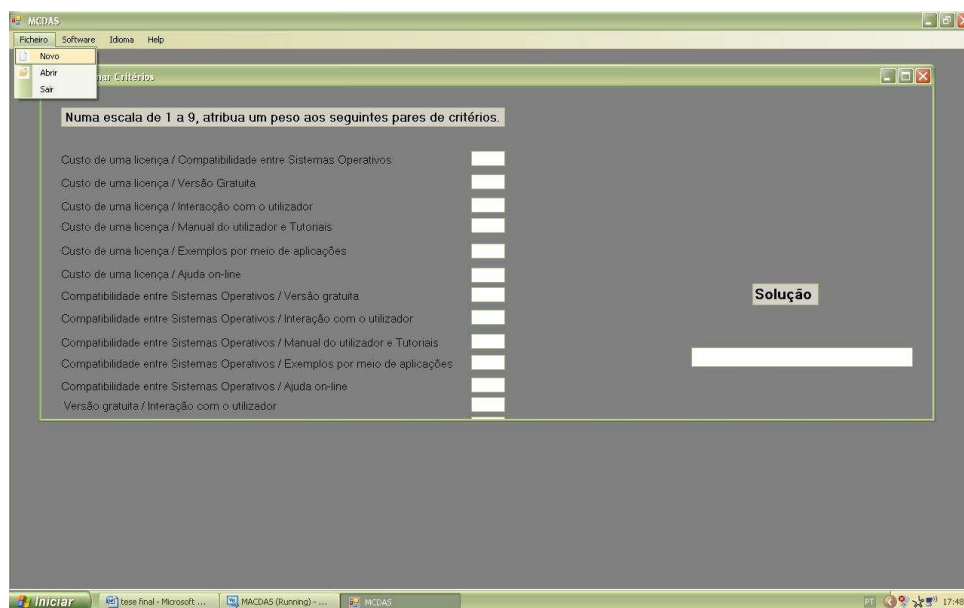


Figura 6.2. – Interface da opção Novo.

No menu *Software* o utilizador pode aceder á opção Consultar Endereço Electrónico de um *Software* e consultar o Web site da ferramenta que o MCDAS deu como solução, bem como o Web site das outras ferramentas, desde que possua uma ligação á Internet. Assim o utilizador poderá desde logo contactar o fabricante e obter a ferramenta.

Neste menu o utilizador também pode aceder á opção Consultar e Adicionar *Software*, onde pode adicionar ferramentas á base de dados do MCDAS, bem como consultar as características daquelas já existentes.

As imagens que se seguem apresentam a interface da opção Consultar Endereço Electrónico de um *Software* e da opção Consultar e Adicionar *Software* respectivamente.



Figura 6.3. – Interface da opção Consultar Endereço Electrónico de um Software.

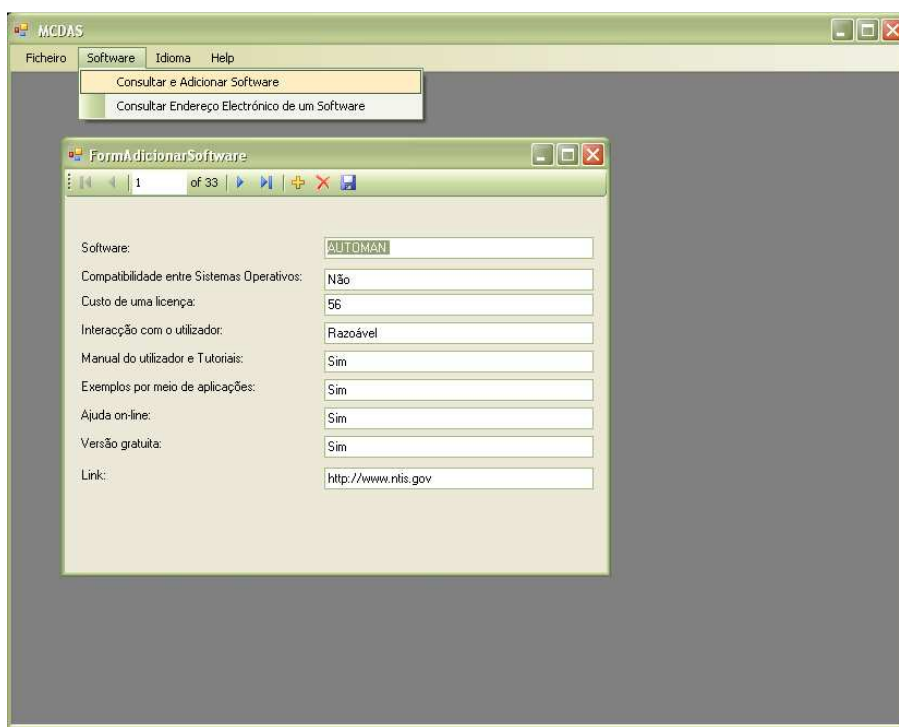


Figura 6.4. – Interface da opção Consultar e Adicionar Software.

No menu Idioma apenas se apresenta a língua Portuguesa, como trabalho futuro, a ferramenta será traduzida para a língua Inglesa.

No menu Help encontra-se a opção: O que é o MCDAS? / Tutorial. Esta opção tem dois botões, o botão “O que é o MCDAS?” que ao clicar apresenta uma breve explicação de

como utilizar o MCDAS e o Botão “Tutorial” que apresenta o funcionamento do algoritmo. A imagem seguinte apresenta a interface da opção *Help*.

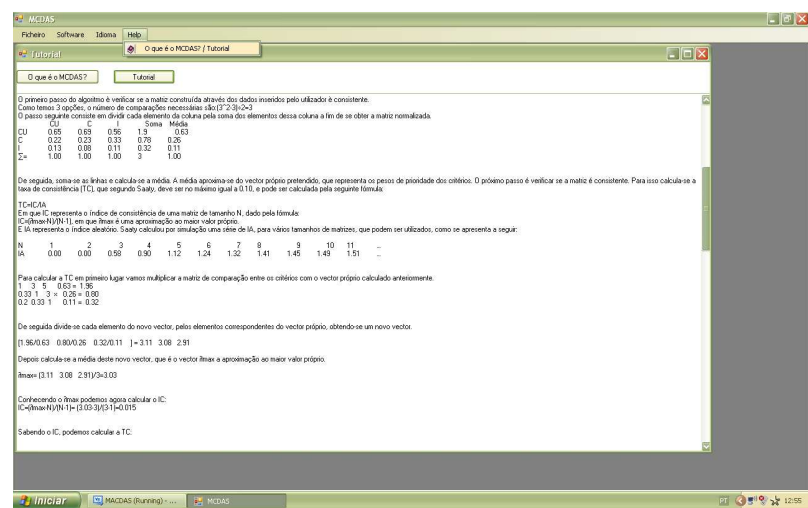


Figura 6.5. – Interface do menu *Help*.

Na secção seguinte é apresentada a explicação do algoritmo que se encontra no menu *Help* do MCDAS.

6.4.Algoritmo

Analytic Hierarchy Process (AHP) divide um problema de decisão nas suas partes constituintes, utilizando uma estrutura hierárquica.

A importância relativa de cada critério é determinada por uma comparação par a par de preferência dos decisores. Segundo Saaty (1980) a preferência dos decisores é quantificada numa escala de 1 a 9.

Comparação	Preferência a atribuir
Se x é igualmente importante que y	1
Se x é um pouco mais importante do que y	3
Se x é muito mais importante do que y	5
Se x é muitíssimo mais importante do que y	7
	9
Se x é absolutamente mais importante do que y	

Tabela 6.2. – Regras para atribuição das preferências.

O passo seguinte é a construção de uma matriz com as preferências dos decisores comparadas para todos os elementos. O número de comparações necessária para preencher uma matriz de n opções é:

$$\text{Número de comparações necessárias} = (n^2 - n) \div 2$$

Para exemplificar o algoritmo utilizado no MCDAS, consideremos apenas 3 softwares da base de dados da ferramenta, o IRIS, o MACBETH e o SANEX, e três critérios (Custo de uma licença, compatibilidade entre sistemas operativos e interação com o utilizador). Com a seguinte matriz de comparação entre os critérios:

Matriz comparação entre os critérios			
	CU	C	I
CU: Custo de uma licença	1	3	5
C: Compatibilidade entre Sistemas Operativos	1/3	1	3
I: Interação com o Utilizador	1/5	1/3	1
	$\Sigma=1.53$	$\Sigma=4.33$	$\Sigma=9$

Tabela 6.3. – Matriz de comparação entre os critérios.

O primeiro passo do algoritmo é verificar se a matriz construída através dos dados inseridos pelo utilizador é consistente.

Como temos 3 opções, o número de comparações necessárias são: $(3^2 - 3) \div 2 = 3$

O passo seguinte consiste em dividir cada elemento da coluna pela soma dos elementos dessa coluna a fim de se obter a matriz normalizada.

	CU	C	I	Soma das linhas	Média
CU	0.65	0.69	0.56	1.9	0.63
C	0.22	0.23	0.33	0.78	0.26
I	0.13	0.08	0.11	0.32	0.11
$\Sigma=$	1.00	1.00	1.00	3	1.00

Tabela 6.4. – Matriz normalizada de comparação entre os critérios.

De seguida, soma-se as linhas e calcula-se a média. A média aproxima-se do vector próprio pretendido, que representa os pesos de prioridade dos critérios. O próximo passo é verificar se a matriz é consistente. Para isso calcula-se a taxa de consistência (TC), que segundo Saaty, deve ser no máximo igual a 0.10, e pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$TC = \frac{IC}{IA}$$

Em que IC representa o índice de consistência de uma matriz de tamanho N, dado pela fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}, \text{ em que } \lambda_{max} \text{ é uma aproximação ao maior valor próprio.}$$

E IA representa o índice aleatório. Saaty calculou por simulação uma série de IA, para vários tamanhos de matrizes, que podem ser utilizados, como se apresenta a seguir:

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
IA	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	...

Para calcular a TC em primeiro lugar vamos multiplicar a matriz de comparação entre os critérios com o vector próprio calculado anteriormente.

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 0.63 & 1.96 \\ 0.33 & 1 & 3 \times 0.26 = 0.80 & & \\ 0.2 & 0.33 & 1 & 0.11 & 0.32 \end{bmatrix}$$

De seguida divide-se cada elemento do novo vector, pelos elementos correspondentes do vector próprio, obtendo-se um novo vector.

$$\left[\frac{1.96}{0.63} \quad \frac{0.80}{0.26} \quad \frac{0.32}{0.11} \right] = 3.11 \quad 3.08 \quad 2.91$$

Depois calcula-se a média deste novo vector, que é o vector λ_{max} a aproximação ao maior valor próprio.

$$\lambda_{max} = \frac{3.11 + 3.08 + 2.91}{3} = 3.03$$

Conhecendo o λ_{max} podemos agora calcular o IC:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} = \frac{3.03 - 3}{3 - 1} = 0.015$$

Sabendo o IC, podemos calcular a TC:

$$TC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.015}{0.58} = 0.02$$

Podemos concluir que a matriz é consistente uma vez que TC é ≤ 0.10 padrão estabelecido para uma matriz ser consistente. Caso o resultado não fosse ≤ 0.10 aplicar-se-ia um método interactivo para melhorar a taxa de consistência. Em primeiro lugar normalizar-se-ia o novo vector obtido anteriormente, e multiplicar-se-ia pela matriz de comparação dos critérios, obtendo-se um novo vector. De seguida dividir-se-ia cada elemento do novo vector, pelos elementos correspondentes do vector próprio, obtendo-se um outro novo vector, daí calcular-se-ia o λ_{max} , o IC e a TC, como anteriormente. Depois de várias iterações, quando a diferença decimal entre elas for a precisão pretendida poder-se-ia então parar o processo iterativo. Se depois de várias iterações não se alcançar o nível de consistência é preciso repensar os valores da matriz de comparação dos critérios.

O passo seguinte do algoritmo é a atribuição de pesos relativos entre as alternativas. De seguida apresentam-se as matrizes de comparação das alternativas para os três critérios:

Critério custo de uma licença

Custo de uma licença	S 0€	I 1000€	M 1750€
S: SANEX 0€	1	7	9
I: IRIS 1000€	1/7	1	3
M: MACBETH 1750€	1/9	1/3	1
$\Sigma =$	1.25	8.33	13

Tabela 6.5. – Matriz de comparação das alternativas para o critério custo de uma licença.

Custo de uma licença	S 0€	I 1000€	M 1750€	Soma das linhas	Média
S: SANEX 0€	0.8	0.84	0.69	2.33	0.78
I: IRIS 1000€	0.11	0.12	0.23	0.46	0.15
M: MACBETH 1750€	0.09	0.04	0.08	0.21	0.07
$\Sigma=$	1	1	1	3	1

Tabela 6.6. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério custo de uma licença.

A TC é calculada como anteriormente, para este critério obteve-se uma TC= 0.07, o que é bom. Então para o critério custo de uma licença, os pesos relativos de prioridade das alternativas são:

SANEX	0.78
IRIS	0.15
MACBETH	0.07

Critério compatibilidade entre sistemas operativos

Compatibilidade entre sistemas operativos	S Não	I Não	M Sim
S: SANEX Não	1	1	1/9
I: IRIS Não	1	1	1/9
M: MACBETH Sim	9	9	1
$\Sigma=$	11	11	1.22

Tabela 6.7. – Matriz de comparação das alternativas para o critério compatibilidade entre sistemas operativos.

Compatibilidade entre sistemas operativos	S	I	M	Soma das linhas	Média
S: SANEX	0.09	0.09	0.09	0.27	0.09
I: IRIS	0.09	0.09	0.09	0.27	0.09
M: MACBETH	0.82	0.82	0.82	2.46	0.82
$\Sigma=$	1	1	1	3	1

Tabela 6.8. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério compatibilidade entre sistemas operativos.

TC= -0.07, o que é bom. Então para o critério compatibilidade entre sistemas operativos, os pesos relativos de prioridade das alternativas são:

SANEX	0.09
IRIS	0.09
MACBETH	0.82

Critério interacção com o utilizador

Interacção com o utilizador	S Muito boa	I N Boa	M Boa
S: SANEX Muito boa	1	5	5
I: IRIS Boa	1/5	1	1
M: MACBETH Boa	1/5	1	1
$\Sigma=$	1.4	7	7

Tabela 6.9. – Matriz de comparação das alternativas para o critério Interacção com o utilizador.

Interacção com o utilizador	S	I	M	Soma das linhas	Média
S: SANEX	0.72	0.72	0.72	2.16	0.72
I: IRIS	0.14	0.14	0.14	0.42	0.14
M: MACBETH	0.14	0.14	0.14	0.42	0.14
$\Sigma=$	1	1	1	3	1

Tabela 6.10. – Matriz normalizada de comparação das alternativas para o critério Interacção com o utilizador.

TC= -0.07, o que é bom. Então para o critério compatibilidade entre sistemas operativos, os pesos relativos de prioridade das alternativas são:

SANEX	0.72
IRIS	0.14
MACBETH	0.14

De seguida o algoritmo calcula o resultado. Apresenta-se a hierarquia de decisão:

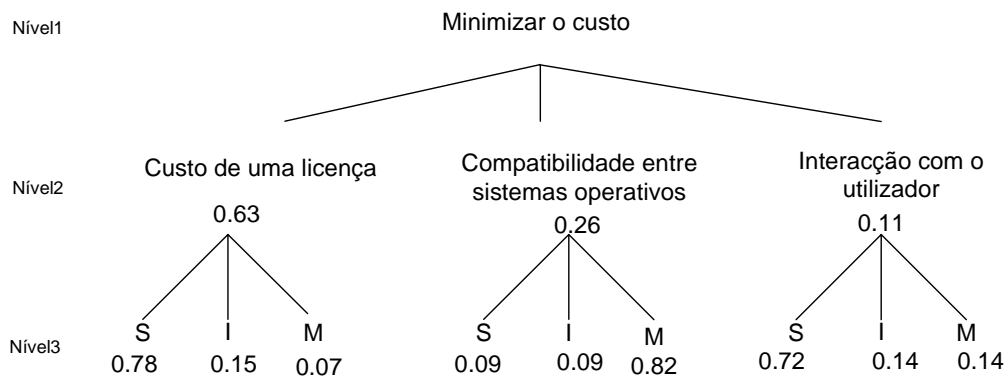


Figura 6.6. – Hierarquia de decisão.

No primeiro nível da hierarquia encontra-se o objectivo principal que é minimizar o custo. Todas as organizações têm como um dos principais objectivos minimizar o custo.

Cálculo do resultado:

$$Peso\ de\ S = (0.78 \times 0.63) + (0.09 \times 0.26) + (0.72 \times 0.11) = 0.59$$

$$Peso\ de\ I = (0.15 \times 0.63) + (0.09 \times 0.26) + (0.14 \times 0.11) = 0.13$$

$$Peso\ de\ M = (0.07 \times 0.63) + (0.82 \times 0.26) + (0.14 \times 0.11) = 0.27$$

O resultado final deste processo é um ranking de alternativas numa escala, permitindo assim ao decisor escolher a melhor opção.

SANEX	0.59	1º
IRIS	0.13	3º
MACBETH	0.27	2º

Capítulo 7. Conclusões

7.1. Conclusão e Trabalho Futuro

Quando uma alternativa é melhor em certos aspectos, mas outra é, melhor segundo outros critérios, por qual delas optar? O objectivo da análise de decisão é transmitir conhecimentos metodológicos e técnicos, para ajudar as organizações a tomar a melhor decisão.

Vários autores defendem que o processo de tomada de decisão é um assunto vasto e difícil. Existem vários tipos de decisões e numerosas maneiras de lidar com elas, existem ainda diversos métodos ou processos.

Definir qual é o objectivo da análise, é a primeira tarefa num problema multicritério. Também é preciso definir os critérios, o método a ser usado e quem vai ser o decisor, isto é, aquele que vai emitir juízos de valor sobre as alternativas e os critérios.

A maior parte dos autores acreditam que a melhor decisão depende do “Actor”.

Cada tomada de decisão é única, não havendo um modelo que se adapte a todas as circunstâncias.

A análise de decisão apresenta métodos racionais para seleccionar uma alternativa, a melhor, de entre um conjunto de alternativas possíveis.

Neste contexto, o uso da metodologia de apoio à decisão, pode ser visto como um modelo abrangente, uma vez que considera os diversos factores envolvidos no processo decisório, a partir da percepção do decisor.

A maior parte dos *softwares* referenciados neste trabalho apresenta características de mais do que uma categoria. Optou-se por os colocar na categoria onde apresentam maior destaque.

Decidir qual a ferramenta de ADM utilizar para resolver um dado problema, é uma tarefa difícil dadas as diversas opções disponíveis. Ao adquirir *softwares* de ADM é preciso não ter só em conta a tecnologia (i.e., hardware e software), mas ter em conta também ao papel do decisor no processo e a facilidade de utilização da ferramenta.

A selecção de software é uma decisão que tem de ser muito bem analisada antes de se tomar qualquer decisão. As organizações não podem correr o risco de comprar software desnecessário, gastar dinheiro em ferramentas erradas, que certamente prejudicam gravemente a empresa.

Esta revisão bibliográfica ao nível dos *softwares* de análise de decisão multicritério está longe de estar completa, a cada momento que passa aparecem novas ferramentas.

Passará para trabalho futuro a tradução da ferramenta para a língua Inglesa como foi mencionado anteriormente, bem como a funcionalidade de análise de sensibilidade, isto é verificar de que forma a solução é influenciada pela alteração dos pesos atribuídos aos critérios. Esta funcionalidade é importante na medida em que somos todos iguais mas todos diferentes e de certeza que face a um mesmo problema atribuiremos pesos diferentes aos critérios. Com a necessidade das empresas utilizarem a ferramenta, espera-se encontrar lacunas, que de momento não foram analisadas, e assim adaptar a ferramenta á realidade empresarial.

Espera-se que a ferramenta que se desenvolveu se torne num factor decisivo na obtenção de bons níveis de desempenho das organizações e no seu posicionamento face à concorrência.

Bibliografia

Anestis, G., Grigoroudis, E., Krassadaki, E., Matsatsinis, N., Siskos, Y. (2006) 'Skills Evaluator: A Multicriteria Decision Support System for the Evaluation of Qualifications and Skills in Information and Communication Technologies', *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 14: 21–34.

Antunes, C.H., Alves, M. J., Silva, A.L., Clímaco, J. (1992) 'An integrated MOLP method based package – A guided tour of TOMMIX', *Computers & Operations Research*, 14:609–625.

Bana e Costa, C.A. (1986) 'A multicriteria decision aid methodology to deal with conflicting situations on the weights', *European Journal of Operational Research*, 26: 22–34.

Bana e Costa, C.A. (1990) *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag.

Bana e Costa, C. A. (1993) *Processo de Apoio à Decisão: Problemáticas, actores e acções. Ambiente: Fundamentalismos e Pragmatismos*, Convento da Arrábida.

Bana e Costa, C.A., Ferreira, A., Corrêa, E. C. (2000) 'Metodologia Multicritério de Apoio à Avaliação de Propostas em Concursos Públicos', *Casos de Aplicação da Investigação Operacional*, McGraw-Hill: 337– 363.

Bana e Costa, C.A., Lourenço, J.C., Chagas, M.P., Bana e Costa, J.C. (2008), 'Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese Electric Transmission Company', *Decision Analysis*, 5:22–42.

Banks, J. (1991) 'Selecting Simulation Software', *Proceeding of the Winter Simulation Conference*, pp: 15– 20.

Belacel, N. (1998) 'La méthode PROAFTN d'affectation multicritère : fondement et

application dans le domaine d'aide au diagnostic médical', *Université Libre de Bruxelles*, CP 210/01, B-1050 Bruxelles, Belgique.

Beuthe, M., Scannella, G. (1999) 'MUSTARD User's Guide', *Facultés Universitaires Catholiques de Mons (FUCaM)*, Mons.

Blanco, L. M. (2002) *Programación en Visual Basic .NET*, Grupo EIDOS, Madrid.

Brans, J.P., Mareschal, B. and Vincke, P. (1984) 'Promethee: A new family of outranking methods in multicriteria analysis', *Operational Research*, 8 4: 477– 490.

Brans, J. P., Vincke, P. A. (1985) 'A Preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM', *Management Science*, vol. 31, no. 6, pp. 647–656.

Canada, John R., Sullivan, William G. (1989) *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice Hall College Div.

Clímaco, J., Antunes, C.H. (1989) 'Implementation of a user friendly software package – A guided tour of TRIMAP', *Mathematical and Computer Modelling*, 12: 10–11.

Clímaco, João (2008) *Group Decision And Negotiation 2008*, INESC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Coimbra, Portugal.

Colson, G. (2000) 'The OR's prize winner and the software ARGOS: How a multijudge and multicriteria ranking GDSS helps a jury to attribute a scientific award', *Computers & Operations Research*, 27:741–755.

Costa, J.P., Melo, P., Godinho, P., Dias, L.C. (2003) 'The AGAP system: A GDSS for project analysis and evaluation', *European Journal of Operational Research*, 145:287 – 303.

Dias, Luís C., Costa, João P., Clímaco, João N. (1996) *Apoio Multicritério à Decisão*, Faculdade de Economia - Universidade de Coimbra.

Doumpos, M., Zopounidis, C., (2002) *Multicriteria Decision Aid Classification Methods*, vol. 73, Kluwer Academic Publishers.

Du Bois, P., Brans, J. P., Cantraine, F., Mareschal, B.(1989) 'MEDICS: An expert system for computer-aided diagnosis using the PROMETHEE multicriteria method', *European Journal of Operational Research*, 39:284–292.

Estrela, E., Soares, M. A., Leitão, M. J. (2006) *Saber Escrever Uma Tese e Outros Textos*, 6ª Edição (2008), Alfragide, Publicações Dom Quixote.

Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of The Art Surveys*, Springer, Boston.

Gandibleux, X. (1999) 'Interactive multicriteria procedure exploiting knowledge based module to select electricity production alternatives: The CASTART system', *European Journal of Operational Research*, 113: 355–373.

Gomes, L. F. A., Araya, M. M. C. G., Carignano, C. (2003) *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*, Thomson Learning, Brasil.

Gomes, Luiz F., Gomes, Carlos F., Almeida, Adiel T. (2006) *Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque multicritério*, Editora Atlas, São Paulo, Brasil.

Grabisch, M. (2008) 'How to Score Alternatives when Criteria are Scored on an Ordinal Scale', *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 15: 31– 44.

Grigoroudis, E., Siskos, Y., Saurais, O. (2000) 'TELOS: A customer satisfaction evaluation software', *Computers & Operations Research*, 27:799–817.

Hammond, John S., Keeney, Ralph L., Raiffa, Howard (1999) *Decisões Inteligentes: Como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão*, tradução de Marcelo Filardi Ferreira, Rio de Janeiro, Campus.

Hipel, K.W., Kilgour, D. M., Liping, F., Peng, X. J. (1997) 'The decision support system GMCR in environmental conflict management', *Applied Mathematics and Computation*, 83: 117–152.

IEEE 1062 (1998) *IEEE Recommended Practice for Software Acquisition*, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Keeney, R.L. (1992) *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision making*, Harvard University Press.

Keeney, Ralph, Raiffa, Howard (1993) *Decisions with Multiple Objectives*, Cambridge University Press.

Lagréze, J. E., Siskos, J. (1982) 'Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making - the UTA method', *European Journal of Operational Research*, 10:151–164

Lagréze, J. E. (1990) 'Interactive assessment of preferences using holistic judgments: The PREFCALC system. In C. A. Bana e Costa, editor, *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, 225–250, Springer Verlag, Berlin.

Levine, P., Pomerol, J. C. (1986) 'PRIAM, an interactive program for choosing among multiple attribute alternatives', *European Journal of Operational Research*, 25:272–280.

Lewandowski, A. (1989) 'SCDAS – Decision support system for group decision making: Decision theoretic framework', *Decision Support Systems*, 5:403–423.

Lootsma, F. A. (1992) 'The REMBRANDT system for multi-criteria decision analysis via pairwise comparisons or direct rating', Technical Report 92–05, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology, Delft, Netherlands.

Mareschal, B., Brans, J. P. (1991) 'BANKADVISER: An industrial evaluation system', *European Journal of Operational Research*, 54:318–324.

Matarazzo, B. (1988) 'Preference ranking global frequencies in multicriterion analysis (PRAGMA)', *European Journal of Operational Research*, 36:36–49.

Matsatsinis, N. F., Siskos, Y. (1999) 'MARKEX: An intelligent decision support system for product development decisions', *European Journal of Operational Research*, 113: 336–354.

Mirrazavi, S. K., Jones, D. F. Tamiz, M. (2003) 'MultiGen: An integrated multiple objective solution system', *Decision Support Systems*, 36:177–187.

- Mousseau, V., Figueira, J., Dias, L., Gomes da Silva, C., Clímaco, J., (2003) 'Resolving inconsistencies among constraints on the parameters of an MCDA model', *European Journal of Operational Research*, 147: 72–93.
- Papamichail, K. N., French, S. (2000) 'Decision support in nuclear emergencies', *Journal of Hazardous Material*, 71:321–342.
- Parkan, C., Wu, M. (2000) 'Comparison of three modern multicriteria decision-making tools', *International Journal of Systems Science*, vol.31, no.4, pp. 497–517.
- Paschetta, E., Tsoukia's, A. (2000) 'A Real-World MCDA Application: Evaluating Software', *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 9: 205–226.
- Podinovski, V. V. (1999) 'A DSS for multiple criteria decision analysis with imprecisely specified trade-offs', *European Journal of Operational Research*, 113:261–270.
- Rogers, M. G., Bruen, M. P. and Maystre, L. Y. (1999) *Electre and Decision Support: Methods and Applications in Engineering and Infrastructure Investment*, kluwer Academic Publishers, Boston, October.
- Rogers, Martin (2001) *Engineering Project Appraisal*, Blackwell Science Ltd.
- Roy, B (1985) *Méthodologie Multicritère D'aide à la Décision*, Economica, Paris.
- Roy, B (1996) *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Roy, B., (2002) 'Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simons procedure', *European Journal of Operational Research*, 139: 317–326.
- Saaty, Thomas L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, Thomas L., Alexander, Joyce M. (1981) *Thinking With Models: Mathematical Models in the Physical, Biological and Social Sciences*, Pergamon.
- Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (1990) *Prediction, Projection and Forecasting*, Kluwer Academic Publishers.
- Siskos, Y. Spyridakos, A., Yannacopoulos, D. (1993) 'MINORA: A multicriteria decision aiding system for discrete alternatives', *Journal of Information Science and Technology*, 2:136–149.
- Siskos, Y. Spyridakos, A., Yannacopoulos, D. (1999) 'Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MIIDAS system', *European Journal of Operational Research*, 113:281–299.

Steuer, R.E. (2000) 'ADBASE: A multiple objective linear programming solver, Technical report', Terry College of Business, University of Georgia, Athens, USA.

Tereso, Anabela (2008) 'Análise de Decisão', texto de apoio ao módulo de Análise de Decisão da disciplina de Análise de Sistemas do Mestrado em Engenharia de Sistemas, Departamento de Produção e Sistemas – Universidade do Minho.

Tereso, Anabela (2009) 'Técnicas de Decisão Multicritério', texto de apoio ao módulo "Modelos de Decisão Multicritério" da disciplina de Modelos e Métodos de Decisão da Especialidade de Tecnologias de Decisão do Mestrado em Engenharia de Sistemas, Departamento de Produção e Sistemas – Universidade do Minho.

T'kindt, V., Billaut, J. (2002) *Multicriteria Scheduling: Theory Models and Algorithms*, Springer, Germany.

Tommi, T., Josel R. F. (2008) 'A Survey on Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis Methods', *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 15:1–14.

Vanderpooten, Daniel (1995) *The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works*, Cahier du Lamsade, n.825, Université Paris-Dauphine, Paris, France.

Venetianer, T. (2008) *On Making Smarter Decisions*, Tradução de: Harvard Business review, Elsevier, Rio de Janeiro.

Vincke, Philippe (1992) *Multicriteria Decision-aid*. New York. John Wiley & Sons.

Vrane, S., Stanojevic, M., Stevanovic, V., Lucin, M. (1996) 'INVEX: Investment advisory expert system', *Expert Systems*, 13(2):105–119.

Wierzbicki, A. P., Granat, J. (1999) 'Multi-objective modeling for engineering applications: DIDASN++ system', *European Journal of Operational Research*, 113:374–389.

Zeleny, Milan (1982) *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill.

Zopounidis, C., Doumpos, M. (1998), 'Developing a multicriteria decision support system for financial classification problems: The FINCLAS system', *Optimization Methods and Software*, 8: 277-304.

Zopounidis, C., Doumpos, M. (2000) 'PREFDIS: A multicriteria decision support system for sorting decision problems', *Computers & Operations Research*, 27:779– 797.

ANEXO A- Manual de procedimento para a instalação do MCDAS

Fazendo uso do leitor de CD-ROM executar o ficheiro setup, a seguinte janela aparecerá.



Figura A. – Ecrã de Instalação.

Clique em Install, para se proceder á instalação. A ferramenta será instalada no menu iniciar do Windows no menu todos os programas.