

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO
APLICADA A AVALIAÇÃO DE VIAS URBANAS

ANTONIO JESSÉ LEITE

CAMPINA GRANDE
SETEMBRO - 1987

ANTONIO JESSÉ LEITE

TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO
APLICADA A AVALIAÇÃO DE VIAS URBANAS

Dissertação apresentada ao Curso
de MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL
da Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências
para obtenção do Grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

CLÓVIS DIAS

Orientador

CAMPINA GRANDE

SETEMBRO- 1987



L533t Leite, Antonio Jesse
Tomada de decisao multicriterio aplicada a avaliacao de vias urbanas / Antonio Jesse Leite. - Campina Grande, 1987. 188 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Engenharia de Trafego 2. Transporte Urbano 3. Sistema Viario Urbano - 4. Analise Multicriterio 5. Dissertacao I. Dias, Clovis, Prof. II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) III. Titulo

CDU 656.01(043)

TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO
APLICADA A AVALIAÇÃO DE VIAS URBANAS

ANTONIO JESSÉ LEITE

DISSERTAÇÃO APROVADA EM / /

Clóvis Dias

CLÓVIS DIAS - M.Sc.

Orientador

Antonio Idelfonso de Albuquerque Melo

ANTONIO IDELFONSO DE ALBUQUERQUE MELO-PHD

Componente da Banca

Walter Santa Cruz

WALTER SANTA CRUZ - M.Sc.

Componente da Banca

CAMPINA GRANDE

SETEMBRO - 1987

A meus pais, esposa e
filhos

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. CLOVIS DIAS, pela dedicada e objetiva orientação para realização deste trabalho.

Ao Prof. WALTER SANTA CRUZ, pelo incentivo e valiosa contribuição na elaboração dos programas computacionais.

Ao Prof. Dr. ANTONIO ILDEFONSO DE ALBUQUERQUE MELO minha profunda gratidão pela indicação e empréstimo de livros de sua preciosa coleção.

Aos demais professores da área de Transporte da UFPb.

Aos meus colegas de curso e funcionários do Departamento de Engenharia Civil.

A meus filhos e esposa, que com sua ajuda, paciência e sacrifício, não mediram esforços para conclusão de meus estudos.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para concretização deste trabalho.

R E S U M O

Este trabalho trata fundamentalmente da apresentação e estudo de métodos de análise multidimensional sem conflitos e suas aplicações à tomada de decisão à nível individual, com alguns tópicos relativos à tomada de decisão coletiva.

Os objetivos do trabalho são os seguintes:

- apresentar métodos de avaliação de projetos, desde os mais tradicionais aos mais atuais;
- mostrar as limitações de certos tipos de análise;
- mostrar a possibilidade de aplicação da análise multicritério a programas de transportes urbanos;
- implementar os métodos de tomada de decisão mais usuais e comprá-los à luz de uma aplicação.

A enorme série de impactos que investimentos alternativos de facilidades de transportes em área urbana podem acarretar, em termos de desenvolvimento sócio-econômico, realça as vantagens dos métodos estudados em relação aqueles tradicionalmente utilizados ou seja a análise puramente econômica.

Assim, procurou-se inicialmente expor a diversidade e complexidade dos fatores envolvidos em um processo de avaliação e tomada de decisão de um projeto de transportes, justificando a razão da escolha do tema do trabalho apresentado.

Em seguida, no capítulo II, abordou-se de maneira crí-

tica a análise econômica, seu embasamento teórico e técnicas empregadas na solução de problemas relativo a transportes.

Adotando um percurso evolutivo na exposição de métodos na avaliação de projetos, é apresentado no capítulo III a análise Custo-Eficácia compreendendo, formulação matemática de modelo, processos de ponderação e considerações críticas.

Os métodos propostos (ELECTRE II e o denominado método Autran) que são objetivos deste estudo estão expostos nos capítulos subsequentes. Eles tem como finalidade solucionar problemas de tomada de decisão, incorporando fatores sócio-econômicos.

A metodologia comporta o emprego de julgamentos de representantes da comunidades locais e de órgãos governamentais da esfera federal, estadual e municipal e usuário do sistema de transportes.

O estudo de caso ao qual os métodos foram aplicados compreende a tomada de decisão multicriterio relativa a implantação de seis vias urbanas localizadas no município de Maceió. Levou-se em consideração dez critérios sendo um quantitativo (custo de implantação) e os outros qualitativos.

A B S T R A C T

This work is fundamentally an introduction, with practical applications, of methods of conflict free multidimensional analysis of decision making focused on the individual, with some topics relevant to collective decision making.

The objectives of the work are the following:

- presentation of project evaluation methods the most traditional to the most contemporary;
- demonstration of the limitations of certain types of analysis;
- demonstration of the possible application of multicriteria analysis in Urban Transport programs;
- Utilization of the most common decision making methods and their comparison in the light of application.

The enormous impact that investment alternatives of transportation facilities in urban areas can bring, in terms of socio-economic development, emphasizes the advantages of the methods to those traditionally used, or, a purely economic method of analysis.

Thus, we initially attempt to present the diversity and complexity of factors that are involved in the evaluation and decision making in a transportation project. This justifies the present work.

Afterwards, in Chapter II, we discuss (or move onto) economic critical analysis; its theoretical basis and its application as it applies to transportation.

Continuing with the evolutionary course of study as it relates to evaluation of projects, Cost-Effective Analysis discussed in the Chapter III. Diverse techniques of application and critical considerations are applied to the topic.

The proposed methods (ELECTRE II or the so-called Au tran method) that are the objective of this work, will be the topic of the subsequent chapters. The objective of the discussions will be to solve the problems of decision making while incorporating social as well as economic factors.

This methodology allows for the inclusion of the opinion of community decision makers as well as those of representatives of federal, state, and municipal governmental spheres, as well as the users of the system.

The case study to which the methods have been applied employs multi-criteria decision making relative to the implantation of six local arteries in the urban area of the municipality of Maceiô, this application includes ten criteria; one being quantitative (the cost of implementation) and the rest qualitative.

I N D I C E

	Pág.
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	01
1.1 - Considerações Iniciais.....	01
1.2 - O Sistema de Planejamento.....	04
1.3 - Análise Multicritérios.....	08
1.4 - Considerações Finais.....	13
CAPÍTULO II - ANÁLISE ECONÔMICA.....	15
2.1 - Histórico.....	15
2.2 - Fundamento e Limitação da Análise.....	16
2.3 - A Técnica.....	29
CAPÍTULO III - ANÁLISE CUSTO-EFICÁCIA.....	32
3.1 - Metodologia.....	33
3.1.1 - Matriz de eficácia.....	33
3.1.2 - Ponderação.....	37
3.1.3 - Considerações sobre os métodos de pon- deração.....	41
3.1.4 - Seleção de uma solução.....	43

	Pág.
3.2 - Considerações Finais.....	44
3.3 - Fluxograma.....	45
CAPÍTULO IV - DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	46
4.1 - Histórico.....	47
4.2 - Sistematização dos Métodos de Tomada de Decisão.	48
4.2.1 - Tomada de Decisão Multicritério.....	48
4.2.2 - Tomada de Decisão.....	54
4.3 - Modelação das Preferências.....	55
4.4 - Função de Utilidade Multicritério.....	61
4.5 - Relação de Superação (Surclassement).....	63
4.6 - Os Principais Métodos.....	65
4.7 - Métodos do Tipo Electre.....	68
4.7.1 - Electre I.....	68
4.7.2 - Electre II.....	72
4.7.3 - Fluxograma.....	79
4.8 - Método Autran.....	79
4.8.1 - Conceitos Básicos e Metodologia de Cálculo.....	79

	Pág.
4.8.2 - Síntese.....	86
4.8.3 - Escolha e Seleção.....	87
CAPÍTULO V - APLICAÇÃO.....	89
5.1 - Estudo de Caso.....	89
5.2 - Caracterização da Área.....	90
5.3 - Caracterização das Vias.....	91
5.4 - Seleção dos Critérios.....	93
5.5 - Operacionalidade dos Modelos.....	98
5.5.1 - Coleta de dados.....	99
5.5.2 - Programas computacionais.....	100
5.6 - Interpretação dos Resultados.....	101
5.6.1 - Custo-eficácia.....	101
5.6.2 - Electre II.....	102
5.6.3 - Método Autran.....	105
5.7 - Análise dos Resultados.....	106
CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA PESQUISAS FUTU <u>R</u> RAS.....	148

6.1 - Conclusão	148
6.2 - Sugestões para Pesquisas Futuras	150
ANEXO 1 - FORMULÁRIOS	151
ANEXO 2 - PROGRAMAS COMPUTACIONAIS	163
BIBLIOGRAFIA	187

CAPÍTULO I

I N T R O D U Ç Ã O

1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Basicamente, o processo de planejamento de transportes é um procedimento contínuo que envolve interação entre governo e a comunidade. Como tal implica em impactos diretos e indiretos sobre a comunidade. Estes são de ordem econômica, social e ambiental e se refletem em áreas bem diversificadas como:

- mobilidade e acessibilidade;
- meio ambiente;
- recursos energéticos;
- estética;
- segurança;
- sociedade;
- funcionamento do transporte e eficiência econômica;
- estrutura urbana;
- economia.

É necessário ao se planejar um sistema de transporte, medir os impactos causados pelo mesmo sobre a comunidade. Uma forma para se atingir este objetivo é congregando

um maior número de pessoas envolvidas no problema. Mas isto gera certas dificuldades de aspectos técnico e político. Estas dificuldades são devidas ao fato de que cada indivíduo ou grupo de indivíduos observa um determinado estado ou situação de ângulos livremente distintos e de diferentes formas. Cada um deles tem o potencial de avaliar os estados ou situações. Esta observação num contexto mais amplo compreende a premissa básica dos modelos do processo político que podem ser formulados da seguinte maneira: o indivíduo é capaz de debater e identificar os padrões pelos quais ele deseja viver com os outros, em comunidade. É óbvio que a divulgação de um plano de transportes favorece a integração entre governo e comunidade e, no processo de tomada de decisão, a participação direta e ativa da comunidade expressando as suas preferências sobre cada um dos objetivos do plano, só pode trazer resultados positivos.

Ocorre contudo que nem sempre este procedimento é levado em consideração e se o fazem é de forma indireta, como no caso da análise econômica que será posteriormente discutida.

Assim, a comunidade possui metas globais que devem ser estudadas, analisadas e transformadas, pelo planejador, em objetivos específicos para o planejamento. Rendall¹³ escreveu "hoje os problemas que são reais são os problemas sociais, os valores que são de primeira prioridade são os valores sociais".

As necessidades de uma comunidade no que se refere aos transportes são inúmeras. Muitas delas qualitativas, hetero

gêneas e, portanto, difíceis de serem mensuradas, utilizando o procedimento tradicional que é o recurso à medida do valor ou utilidade expresso normalmente, por uma medida única cardinal, a moeda.

Estas necessidades foram amplamente discutidas na conferência realizada em Virginia no ano de 1969, cujos resultados foram englobados no Special Report 105 of the Conference Held at Warrenton^{1º} de onde destacamos parte da lista das necessidades importantes para uma comunidade americana, ligadas a transporte, a qual é transcrita a seguir.

A - Necessidades Sociais Básicas:

- 1 - identificação pessoal;
- 2 - controle sobre seu próprio destino (voz de decisão, participação);
- 3 - um senso de comunidade;
- 4 - territorialidade - (identificação com a vizinhança);
- 5 - um senso de ser parte de uma sociedade unida a nível metropolitano;
- 6 - estabilidade e segurança.

B - Necessidades Ambientais Básicas

- 1 - ar puro, água não poluída e terrenos limpos;
- 2 - baixos níveis de ruído;
- 3 - serviços locais dispostos convenientemente - parques, escolas, igrejas, lojas, etc.
- 4 - distribuição compatível do uso do solo;
- 5 - preservação de monumentos de interesse histórico e

arquitetônico;

- 6 - ambiente que permita contato social dentro da vizinhança.

C - Necessidades Básicas de Acesso a:

- 1 - emprego;
- 2 - facilidades e serviços;
- 3 - viagens de curta duração;
- 4 - meios de transportes seguros;
- 5 - conforto e conveniência na viagem;
- 6 - escolha da modalidade de transporte;

D - Necessidades Econômicas Básicas

- 1 - evitar perdas financeiras ocasionadas pelas facilidades de meios de transportes;
- 2 - baixo custo de transporte, tanto do capital, como da operação;
- 3 - encorajamento do crescimento econômico, especialmente para grupos de baixa renda.

Como pode ser visto, a lista contém uma relação bastante abrangente das necessidades de uma comunidade, as quais podem ser concebidas como metas a serem atingidas por um plano de transporte.

1.2 - O SISTEMA DE PLANEJAMENTO

Um sistema pode ser concebido como um conjunto de ele

mentos organizados que realizam determinadas funções de acordo com um plano ou princípio, visando atingir um conjunto de objetivos. O sistema está contido em um conjunto designado meio-ambiente (físico, social, político, econômico e tecnológico). Assim, o meio-ambiente é tudo aquilo que não é parte integrante do sistema, mas que o influencia e é influenciado pela atuação do mesmo.

A Engenharia de Sistemas é o processo pelo qual pessoas desenvolvem especificações para pesquisar um sistema ótimo em relação às necessidades humanas e/ou objetivos¹¹. Ela é portanto necessária para soluções de problemas, os quais envolvem aplicações de tecnologia, objetivando identificar e descrever uma solução. Assim sendo a Engenharia de sistemas fornece técnicas que podem ser aplicadas a problemas de tomada de decisão.

Linfson¹¹ formulou um modelo de sistema de planejamento onde as informações (input) são transformadas através de um sistema de controle (constituindo um loop de otimização) em resultados (output) oriundos da decisão. A figura 1 mostra este modelo.

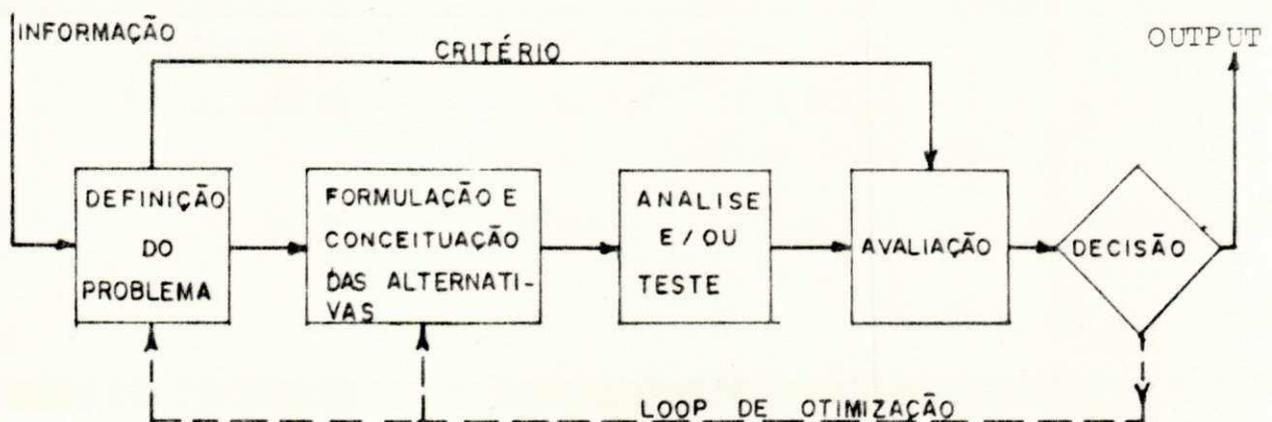


Fig.1. Modelo de um sistema de planejamento proposto por Linfson.

As etapas do processo de planejamento de Linfson são portanto:

1. Definição do Problema

As informações (inputs) são inicialmente coletadas de modo a se obter uma concepção do meio-ambiente e uma perfeita delimitação da área de situação. Os inputs são organizados e estabelecidas as restrições e objetivos do sistema. Nesta etapa são formulados os critérios através dos quais as soluções alternativas serão avaliadas.

2. Formulação das Alternativas

Concluída a fase anterior onde foram definidos os objetivos, as restrições e estabelecidos os critérios, é feita uma revisão de tudo que foi obtido e elaborado um conjunto de soluções alternativas.

3. Análise e/ou Teste

Nesta fase é analisado e/ou testado todo o sistema de alternativas, detectando-se se as mesmas são mutuamente exclusivas, independentes e verificadas as suas exequibilidades, desprezando-se aquelas que não têm possibilidades de implementação de acordo com as restrições pré-estabelecidas na etapa 1.

4. Avaliação

As alternativas são comparadas entre si, utilizando-se para isto os critérios definidos na etapa inicial, cons-

tatando-se e aferindo-se a possibilidade que teria cada uma de atingir cada objetivo.

5. Decisão

De posse de todas as informações colhidas anteriormente são tomadas decisões que acarretam em uma realimentação do sistema, procurando-se assim uma otimização do mesmo. Otimizado o sistema é elaborado um conjunto de regras para implementação do modelo. Isto corresponde aos outputs.

Um planejamento de transporte concebido com base na teoria de sistemas enriquece sua formulação e implementação devida a abrangência daquela teoria.

Os princípios básicos da análise de sistemas aplicada ao planejamento de transporte são os seguintes:

- . todas as modalidades de transporte devem ser consideradas;
- . todos os movimentos através do sistema devem ser considerados, incluindo os fluxos de passageiros e bens, de todas as origens e para todos os destinos;
- . todos os elementos do sistema de transportes devem ser considerados a saber: pessoas, mercadorias transportadas, veículos, malha viária, terminais e pontos de transbordos;
- . o sistema é concebido como uma forma de mercadoria onde o produto é o transporte e o consumidor o usuário. Busca-se neste modelo o equilíbrio entre a oferta e a procura;
- . para um fluxo específico consideram-se os movimen-

tos desde a origem até o final, para todas as modalidades de transportes.

Desta forma pode-se ter uma idéia da amplitude e envolvimento de um planejamento de transportes bem como enfatizar a necessidade de nos estudos e desenvolvimentos de processos de tomada de decisão serem incluídas as necessidades da comunidade envolvida direta e indiretamente com o problema.

1.3 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO

O processo comumente utilizado na etapa de avaliação de um plano de transporte é a tradicional análise Custo-Benefício. Esta, como será vista no capítulo seguinte recorre à adoção de uma medida única e a dados que devem ser quantificáveis, homogêneos e redutíveis em termos monetários. É portanto, uma análise unidimensional.

A adoção de uma medida única implica em três dificuldades básicas:

- exclusão de variáveis qualitativas e heterogêneas;
- erros sobre as medidas;
- agregação.

Desta forma com o emprego daquele procedimento há uma contração de um espaço multidimensional a um espaço unidimensional e conseqüentemente uma inevitável perda de informações. Além disso, sabe-se que o erro é inevitável, daí ser necessário dispor de instrumentos capazes de efetuar uma análise

lise com racionalidade com o intuito de reduzir o erro sem comprometê-la. Quanto ao aspecto de exclusão de variáveis qualitativas, heterogêneas observa Joan Robinson⁷, "há muitas coisas no domínio econômico e social que nós não sabemos medir, mas que sabemos apreciar".

Assim posto, se apresentará neste ítem um modelo mais adequado para a elaboração de análise envolvendo aspectos econômicos e sociais. Ele é indiferente aos problemas acima mencionados e a tantos outros enfatizados posteriormente.

Segundo M. L. BESSON e G. BERNARD⁷ um método de análise multicritério ou multidimensional, é uma aplicação que, a m-uplas de estruturas, ponderadas ou não, sobre um conjunto E de observações, faz-se corresponder uma estrutura única ou um número reduzido de estruturas sobre E (K-uplas sobre E).

Na definição acima os termos análise multidimensional e análise multicritério são empregados como sinônimos embora, exista uma diferença entre ambos. O primeiro está ligado a palavra dimensão enquanto o segundo ao conceito de critério. Dimensão é uma qualidade observável enquanto que os critérios devem ser revelados. As dimensões são ponderadas de forma objetiva enquanto os critérios devem ser ponderados de maneira subjetiva. No entanto, cada vez que a estrutura sobre a dimensão coincide com a estrutura sobre o critério é inútil distinguir critério e dimensão. Como isto é o que ocorre mais frequentemente serão utilizados ambos como sinônimos.

A definição de BESSON e BERNARD não deixa nítida a

profundidade daquela análise, que comporta em sua teoria uma série de métodos e conceitos que ficam embutidos na definição. Para se ter uma visão mais completa da análise seria necessário uma classificação dos métodos que constituem aquela análise. A dificuldade para se concretizar esta idéia é enorme porque tudo depende do(s) critério(s) que seriam utilizados para julgar a quantidade destas informações, o custo do tratamento, sua rapidez e precisão entre outros fatores.

Entretanto o conjunto dos métodos que compõem a análise pode ser dividido em duas partes:

- I) observação econômica - análise dos dados;
- II) ação econômica.

A primeira parte corresponde a análise dos dados e compreende as etapas de classificação, partição e hierarquização, e redução dos dados que conduzem a explicação, enquanto o segundo bloco comporta a previsão e a fase final da análise, que é a decisão.

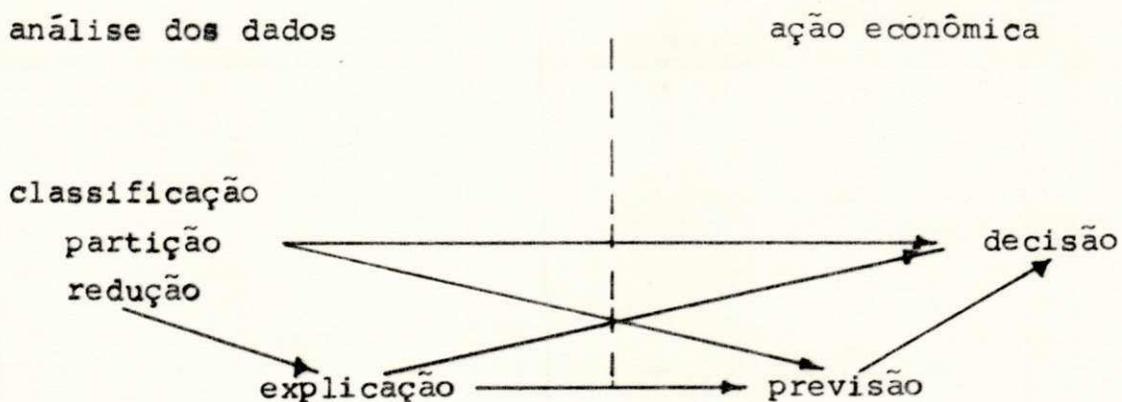


Fig. 2. Etapas da Análise Multicritério e seus Interrelacionamentos.

A figura 2 mostra cada uma das etapas que constituem a análise multidimensional, segundo esta ótica e seus correspondentes relacionamentos.

Uma outra forma de agrupamento dos métodos multidimensionais é aquela que leva em consideração a natureza dos métodos e neste caso o agrupamento é concebido segundo duas classes: uma consagrada aos métodos algébricos que empregam os conceitos de álgebra moderna tais como as noções de relação binária e grafo (classificação, hierarquização, partição e decisão) e outra que compreende os métodos designados geométricos os quais empregam noções de álgebra linear (como distância e momento de inércia) e que correspondem na divisão anterior aos métodos de redução, essencialmente as análises fatoriais.

Cada fase da análise possui um objetivo específico a saber:

- Classificação - Em presença de um conjunto $E = \{x_i \mid i = [1, 2, \dots, n]\}$ de observações, caracterizado por um conjunto de n critérios obtém-se uma estrutura única sobre E , que pode ser uma estrutura ordinal ou cardinal ou é possível efetuar comparações e classificações do conjunto E de forma a se atingir uma ordenação de seus elementos. É importante ressaltar que para se atingir uma estrutura única é realizada uma agregação das estruturas de ordens e não agregação das m dimensões. Para se agregar as estruturas recorre-se a uma operação binária de superação que permite comparar os elementos de E dois a dois.

- hierarquização e partição - Procura-se aqui, reagrupar as observações $x_i \in E$ em classes homogêneas, recorrendo, para tanto, a dois procedimentos:

a) os elementos $x_i \in E$ são reagrupados em classes em função das características que eles possuam ou não simultaneamente (métodos de partição, nuvem dinâmica);

b) os elementos $x_i \in E$ são separados em classes distintas em função das características que não possuem em comum (métodos de IPHIGENIE).

- redução - Os métodos utilizados nesta fase são as análises fatoriais, com as quais se consegue:

a) redução dos dados, para isso projetando-se o conjunto E das observações (espaço R^n) em um espaço de dimensão reduzida k ($k < n$) de tal sorte que, as posições entre as observações neste espaço reduzido sejam as mais próximas possíveis de suas posições originais no espaço R^n . A redução deve ser efetuada de forma a se perder o mínimo de informações entre os dados.

b) explicação da configuração dos dados; isto é conseguido através da identificação dos k eixos sobre os quais foram projetados as observações (dados).

- previsão - Compreende um conjunto de técnicas utilizadas para saber quais serão no futuro as situações desejadas ou prováveis, isto é, aquelas que são as melhores situações, ou as que têm mais chances de aparecer, tendo em conta a evolução atual.

Os principais métodos empregados para previsão são o

de DELPHI e a adaptação do ELECTRE para este fim.

A última parte da análise, ou seja, a decisão em presença de multicritérios compreende o núcleo deste trabalho, a qual serão dedicados os capítulos subsequentes ao terceiro, onde serão apresentados seus principais conceitos, métodos e um estudo de caso.

Finalmente segundo Jean-Louis Guigou⁷ as análises multidimensionais apresentam vantagens decisivas evidentes em relação as estatísticas e a certos modelos tradicionais:

- elas permitem ampliar o campo das variáveis analisadas;
- elas constituem um progresso no tratamento destas variáveis;
- elas permitem a interpretação das relações entre estas variáveis conduzindo a uma visualização dos resultados.

Com o intuito de enfatizar ainda mais a necessidade de se adotar nas tomadas de decisão os métodos multidimensionais, no capítulo seguinte será apresentado o fundamento da tradicionalmente conhecida análise custo-benefício e suas limitações e, em seguida, o método custo-eficácia atualmente bastante difundido.

1.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusão à exposição introdutória onde foram comentados os assuntos:

- comunidade e suas necessidades básicas;
- sistema de planejamento;
- análise multidimensional;

são válidas as seguintes considerações:

- . um sistema de planejamento deve ser concebido de forma que possa atender ao máximo possível às necessidades básicas da comunidade, para tanto, ela deve participar de maneira ativa e efetiva em todas as etapas que compõem o plano;
- . as análises multidimensionais enriquecem as observações econômicas e permitem classificar, reagrupar e simplificar as mesmas conduzindo a uma visualização de suas estruturas;
- . duas linhas de trabalho podem ser desenvolvidas objetivando tentar tornar mais eficazes os instrumentos de tomadas de decisão; uma, aperfeiçoando os métodos de análise econômica adotando hipóteses mais complexas com o intuito de contornar suas limitações; outra, utilizando novas ferramentas de trabalho: as decisões em presença de multicritérios. É por sinal esta a trilha que será seguida neste trabalho.

CAPÍTULO II

ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica é a teoria comumente utilizada para comparar várias opções no emprego de recursos escassos para os quais há forma de usos alternativos. Ela é baseada na microeconomia, área da economia que descreve o comportamento de vários agentes econômicos. Nela se insere o tradicional processo de avaliação largamente usado em planejamento de transportes que é a conhecida análise Custo-Benefício. Esta análise é usada de uma forma indiscriminada e quase universalmente, sem contudo se observar suas limitações. É esta a finalidade deste tópico; dissertar sobre seus fundamentos e mostrar suas mais contundentes limitações.

2.1 - HISTÓRICO

A análise Custo-Benefício possivelmente foi usada pela primeira vez no clássico paper de J. DUPUIT⁴ "On the Measurement of Utility Public Works" em 1844, nos Estados Unidos da América. Em 1903, surge nos Estados Unidos, o primeiro trabalho sobre a matéria em relação aos esquemas de melhoramentos da navegação em rios. Já em 1923, J.C.L. Fish foi o primeiro a escrever um livro exclusivamente sobre Engenha-

ria Econômica⁴, texto onde normalmente é tratada a análise Custo-Benefício. Na década de 30, quando estava em evidência a filosofia de New Deal e com as idéias de que os planos deveriam ter justificativas sociais mais amplas, foi da do maior incentivo àquela análise por ocasião do estabelecimento das normas do controle de Inundação de 1936 (EUA). Nesta mesma década Eugene Grant conduziu um conhecimento muito difundido na área de Engenharia, o da necessidade da avaliação econômica em projetos de Engenharia. Foi também a partir daí, e das idéias de Joel Dean, que o conceito de Valor Presente passou a ser adotado. Esta foi a época áurea da análise pois, em 1930 Agg de Iowa introduziu o conceito de análise Custo-Benefício em avaliação de projetos em serviço público. Charles Hitch e R. Mckean em seu livro *The Economics of Defense in the Nuclear Age* despertou a necessidade da aplicação da avaliação econômica no sistema de defesa em 1963, (EUA). Daí então o processo de refinamento da análise tem sido contínuo.

Entretanto, só após os trabalhos de Pareto e A. C. Pigou e da formulação dos princípios da Teoria do Bem-Estar é que adotou-se esta como fundamento da análise Custo-Benefício.

2.2 - FUNDAMENTO E LIMITAÇÃO DA ANÁLISE

O fundamento da análise é a microeconomia que tem como finalidade explicar como os recursos escassos são alocados a fins concorrentes através do mecanismo do mercado no mundo real. Porém, o mundo real é composto de uma série de

fatos que desafiam a compreensão precisa de seu mecanismo . Por isso é necessário se abstrair do mundo real complexo e construir modelos econômicos.

Um modelo econômico é uma construção teórica ou estrutura analítica, composta de um conjunto de hipóteses das quais se tiram conclusões; dito de outra forma, modelo é toda representação abstrata de uma realidade concreta¹. A construção de um modelo compreende três passos: o primeiro é abstrair-se do real complexo; para isso é preciso selecionar as variáveis e as relações entre elas que pareçam mais pertinentes ao problema. Nesta etapa é formulado um conjunto de hipóteses relativas às variáveis relevantes e às suas relações; o segundo passo é aplicar deduções lógicas ao modelo e tirar conclusões teóricas e lógicas; o último passo é testar as conclusões, comparando-as com fenômenos do mundo real. A análise econômica se restringe aos dois primeiros passos.

A exposição do tema será centralizada no primeiro passo. Concomitantemente serão apresentadas as premissas do modelo e uma apreciação crítica às mesmas. Serão assim levantadas algumas questões, consideradas por muitos estudiosos do assunto como relevantes no que diz respeito ao uso do modelo em tomada de decisão, principalmente em planos de transportes por envolver variáveis, as mais diversas possíveis, como foram enumeradas no item 1.1, intituladas necessidades básicas de uma comunidade.

"Não queremos com isto deixar de reconhecer a validade e importância do modelo como teoria dotada de uma construção notável que tem como mérito englobar num mesmo mode-

lo os principais fatos econômicos como produção, troca e consumo. Mas este incontestável valor teórico permite-lhe dar um valor normativo a este modelo, ou seja, pode-se utilizar os resultados deste modelo para tomada de decisão? nós pensamos que isto é perigoso", argumentam Jean de Montgolfier e Patrice Bertier¹⁵.

É importante destacar que as observações aqui feitas são formuladas sobre as hipóteses em que se assentam o modelo e não sobre o seu valor teórico. Elas têm como finalidade mostrar que seu valor normativo para justificar decisões deixa muito a desejar.

. Variáveis

Somente são habitualmente considerados na análise econômica as observações, variáveis e os objetivos quantificáveis e redutíveis a uma medida comum, a moeda.

Desta forma não são levadas em consideração muitas necessidades básicas de uma comunidade, por seu caráter qualitativo e/ou heterogêneo por não poderem ser expressas em termos monetários ou de uma medida comum.

A adoção de uma medida única como foi visto no item 1.3, implica em dificuldades a serem contornadas através de uma análise multidimensional.

. Hipótese

A hipótese fundamental em que se alicerçam os modelos microeconômicos é a hipótese de maximização. Assim, cada agente econômico procura maximizar algo. A hipótese é óbvio

que é uma simplificação do mundo real.

Além disto, a hipótese de maximização sob restrições envolve métodos de agregação das variáveis selecionadas quantitativamente, homogêneas e redutíveis a uma única dimensão. Portanto, há uma contração de um espaço multidimensional a um espaço unidimensional e uma bi-partição nas informações em quantitativas e qualitativas, sendo as últimas desprezadas.

. Premissas

As premissas básicas do modelo são:

1. O consumidor procura obter o máximo de satisfação na compra e consumo dos bens, levando em consideração o limite de sua renda.

A satisfação do consumidor é representada por uma função de utilidade u . Um consumidor sabe e deve escolher entre as quantidades q_1, q_2, \dots, q_n que ele consome de n produtos. Para isso admite-se que ele estabelece uma função de utilidade $u = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$, e que escolhe as quantidades consumidas de maneira a maximizar u , sob determinadas restrições, ou seja:

$$\text{Max } u = f(q_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{sujeito a } y - \sum_{i=1}^n p_i q_i = 0$$

onde y é a renda do consumidor (fixa), p_i e q_i preços e respectivas quantidades.

Evidentemente este tipo de comportamento não é real. Ao nível individual e para um período de tempo bastante curto a premissa não é quase nada válida¹⁴. Um indivíduo se in

teressará em consumos muitos diferentes conforme as circunstâncias em que se encontre e ele necessitará neste caso introduzir a variável tempo e um certo número de variáveis que caracterizem estas circunstâncias exteriores para construir de uma maneira mais válida sua função utilidade. No plano global e para um período de tempo longo um grupo de indivíduos de características próximas, não pode construir uma função utilidade por dois motivos que limitam a validade desta hipótese, a saber:

a) o consumidor não é perfeitamente informado das satisfações que pode ocasionar o consumo de tal ou tais produtos. Duas são as fontes normalmente usadas para este fim: sua própria experiência em consumos anteriores e informações externas oriundas de outros consumidores e da publicidade;

b) a satisfação de um consumidor não é somente função das quantidades de bens que ele consome mas igualmente das quantidades de bens consumidos pelos outros.

Além disto, um fato relevante é que o consumo de um bem é considerado na sociedade como um sinal de pertinência a uma determinada classe social. O consumo neste caso será então função daquele grupo com o qual procuram se identificar.

2. A empresa procura maximizar o lucro, sujeita às restrições impostas pela demanda dos consumidores e pelos custos de produção.

Aqui, o empresário pode dispor de três situações no que se refere ao problema de otimização.

- a) a firma pode objetivar a produção sujeita a uma restrição de custos;
- b) é possível ela minimizar os custos de produção de um dado nível de produção;
- c) pode ela ter como objetivo final o lucro, tendo a liberdade de variar os níveis tanto do custo como da produção.

A premissa de maximização do lucro por parte da empresa não é realista. O empresário pode negligenciar a maximização do lucro em troca da obtenção de outros fatores tais como: maior penetração no mercado, lazer, distribuição de parte de lucro, crescimento das vendas, satisfação no aprimoramento de uma técnica, aprimoramento da qualidade do produto, política, fins sociais, etc.; isto é constatado na prática. Além disto, embora a empresa possa desejar maximizar o lucro, ela pode não alcançar este objetivo a sua falta de conhecimento. Enfim, o empresário pode visar determinados objetivos e se contentar com um lucro satisfatório.

- 3. A comunidade como um todo tem como objetivo maximizar a utilidade coletiva a qual por seu turno é composta da satisfação individual, e possivelmente de outros valores;

Antes de entrar no cerne da questão carecem ser feitas algumas observações que servirão como elo de ligação entre a análise econômica e transporte.

Um sistema de transporte pode ser visto como um pro-

cesso de produção que consome recursos a fim de gerar produtos úteis a comunidade. No processo os consumidores são os usuários do sistema ou seja a comunidade, conseqüentemente os recursos investidos no sistema que tem origem na comunidade devem gerar benefícios para a mesma. Nesta ótica podem ser analisados como uma variação na utilidade coletiva. A análise custo-benefício consiste em mensurar a variação da aquela utilidade derivada para o investimento. Para isso utiliza-se os conceitos da teoria do Bem-Estar.

A teoria do Bem-Estar é a base da análise custo-benefício. Como prova desta afirmação será mostrada a relação entre a maximização do Bem-Estar e aquela análise.

Seja uma sociedade composta de n indivíduos, cada um com uma utilidade da forma

$$u_i = u_i(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ij}, \dots, q_{im}) \quad (2.1)$$

com $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, m$

onde q_{ij} representa a quantidade de mercadoria j disponível ao indivíduo i e que a renda do indivíduo i seja $y_i = \sum_{j=1}^m p_j \cdot q_{ij}$ onde p_j é o preço da mercadoria j , tal que:

$$y_i - \sum_{j=1}^m p_j q_{ij} = 0 \quad (2.2)$$

A utilidade do indivíduo é maximizada quando a seguinte expressão Lagrangiana é maximizada.

$$W = u_i(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im}) + \lambda_i (y_i - \sum_{j=1}^m p_j \cdot q_{ij}) \quad (2.3)$$

onde λ_i é o multiplicador de Lagrange.

A condição para maximização da eq. (2.3) é:

$$\frac{\partial w}{\partial q_{ij}} = \frac{\partial u_i}{\partial q_{ij}} - \lambda_i P_j = 0 \quad \text{isto é } \lambda_i = \frac{\partial u_i}{P_j} \quad (2.4)$$

Na expressão (2.4) λ_i é a utilidade marginal da receita do indivíduo i , visto que $\frac{\partial w}{\partial y_i} = \lambda_i$. Da (2.4) também podemos concluir que: $\frac{\partial u_i}{\partial q_{ij}} = P_j \lambda_i$. (2.5)

Cada mudança na receita do indivíduo i , acarretará variações nas quantidades de mercadorias ofertadas e consumidas. Isto resultará em um incremento Δq_i na quantidade X_i disponível para i elevando sua i -ésima utilidade

$$\frac{\partial u_i}{\partial q_{ij}} \cdot \Delta q_{ij}$$

e similarmente para todas as mercadorias envolvidas na negociação. Portanto, as trocas efetuadas implicarão em uma variação na utilidade do indivíduo i de:

$$\Delta u_i = \frac{\partial u_i}{\partial q_{i1}} \cdot \Delta q_{i1} + \dots + \frac{\partial u_i}{\partial q_{im}} \cdot \Delta q_{im} \quad (2.6)$$

substituindo (2.5) em (2.6) temos:

$$\begin{aligned} \Delta u_i &= \lambda_i P_1 \Delta q_{i1} + \dots + \lambda_i P_m \Delta q_{im} \\ \Delta u_i &= \lambda_i \cdot \sum_{j=1}^m P_j \Delta q_{ij} \end{aligned} \quad (2.7)$$

A expressão (2,7) nos diz que a variação da utilidade para um incremento da renda é igual a variação da receita multiplicada pela utilidade marginal da receita.

Para achar a variação da utilidade coletiva ou seja

do bem-estar social de todos os indivíduos, admitamos que as utilidades individuais podem ser agregadas. Assim:

$$\Delta_{sw} = u_1 + u_2 + \dots + u_n = \sum_{i=1}^n u_i \quad (2.8)$$

De (2.7) e (2.8) temos:

$$\Delta_{sw} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_i p_j \Delta q_{ij} \quad (2.9)$$

Nas transações efetuadas (trocas de mercadorias), alguns q_{ij} são entradas e outros saídas, conseqüentemente haverá benefícios físicos (b_j) e custos fixos (c_j), que podem ser expressos por:

$$\Delta_{sw} = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^k \lambda_i p_j \Delta b_{ij} - \sum_{j=1}^m \lambda_i p_j \Delta c_{ij} \right] \quad (2.10)$$

Se a utilidade marginal da renda é admitida igual para todos os indivíduos, de modo que $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda$, e se a variação no produto nacional é admitida distribuída através da comunidade a expressão anterior pode ser simplificada resultando:

$$\Delta_{sw} = \lambda \left[\sum_{j=1}^k p_j \Delta b_j - \sum_{j=1}^m p_j \Delta c_j \right] \quad (2.11)$$

Portanto o valor absoluto de Δ_{sw} não é relevante; a função bem-estar social será uma agregação das funções bem-estar social dos indivíduos, as quais por sua vez são definidas para uma transformação monotônica, daí a expressão (2.11) tomar a seguinte forma:

$$\Delta_{sw} = \sum_{j=1}^k p_j \Delta b_j - \sum_{j=1}^m p_j \Delta c_j \quad (2.12)$$

Sendo B_j , o valor do Benefício ($B_j = p_j \Delta b_j$) decorrente do uso da mercadoria j , e $c_j = P_j \Delta c_j$ o custo, temos:

$$\Delta_{sw} = \sum_{j=1}^k B_j - \sum_{j=1}^m c_j \quad (2.13)$$

Com isto fica provado que a base da análise Custo-Benefício é a Teoria do Bem-Estar.

A meta da economia do Bem-Estar é estabelecer o grau de desejo de alocações alternativas de recursos. Logo, a questão da economia do Bem-Estar diz respeito a avaliação de estados (configurações, situações) econômicos alternativos do ponto de vista da sociedade. O bem-estar de uma sociedade depende num contexto mais amplo, dos níveis de satisfação de todos os seus consumidores, onde tais níveis de satisfação derivam das quantidades de bens e serviços consumidos pelo indivíduo. Entretanto, "é muito difícil tentar medir o bem-estar social de um grupo de indivíduos, pois o bem-estar de indivíduos diferentes desafia a mensuração objetiva"¹. Para contornar este problema, os economistas usam tradicionalmente o que se conhece como critério de nível ótimo de Pareto.

Uma alocação ótima de Pareto ou eficiente é aquela em que é impossível melhorar a situação de qualquer indivíduo sem piorar a do outro. Inversamente, uma alocação não é ótima de Pareto se a utilidade de alguém pode ser aumentada sem diminuir a de ninguém.

Deste critério deriva o procedimento para se avaliar se o bem-estar social de um grupo é maior em uma situação

econômica do que em outra. Assim, qualquer mudança que melhore a situação de um indivíduo sem piorar a de outros é uma melhora do bem-estar social, ou seja, o bem-estar social aumenta (ou diminui), se a posição de pelo menos um indivíduo melhora (ou piora) sem nenhuma modificação na posição de outros.

É necessário observar que um estado ótimo de Pareto não garante um estado em que o bem-estar social seja maximizado e só oferece um escalonamento parcial de mudanças possíveis, isto é, não faz julgamento algum sobre uma mudança que melhore a situação de um e piore a de outros.

As condições necessárias para uma alocação ótima de Pareto depende das seguintes suposições⁸:

- ausência de efeito externos, isto é que todos os benefícios e que todos os custos pagos pelos consumidores e pelos produtores reflitam nos preços de mercado e que não exista divergências de espécie alguma entre os benefícios (ou custos) privados e social;
- ausência de indivisibilidade;
- aceitação tácita da distribuição da riqueza existente como eticamente desejável.

As suposições acima indicam as condições para que a alocação ótima de Pareto seja atingida, em concorrência perfeita. Então, quando ocorre uma destas causas não se pode afirmar que ocorra uma alocação ótima de Pareto e além disso só se pode garantir a existência de um equilíbrio geral

se a concorrência for perfeita.

Mas a concorrência perfeita é irreal¹, desde que um mercado de bens em concorrência perfeita obedece as seguintes hipóteses:

- . existem numerosos vendedores e compradores no mercado, cada um deles pequeno em relação ao mercado;
- . os concorrentes lidam com produtos homogêneos;
- . livre mobilidade dos recursos, isto é, todos os recursos tem necessariamente uma perfeita mobilidade;
- . cada agente econômico (compradores e vendedores) está completamente informado sobre sua produção e sobre as possibilidades de consumos;
- . todos os agentes econômicos agem independentemente e não há conluio algum entre vendedores e compradores.

Ora, quase todos os mercados apresentam imperfeição em relação a este modelo ideal. Vários são os trabalhos realizados de forma a se libertar de uma ou de outras hipóteses porém isto implica sempre em teorias complexas e inextrincáveis¹⁴. Contudo uma das hipóteses mais difíceis de se libertar é a da perfeição de informações. O mais cômodo consiste em supor que a informação é perfeita. Mas, conforme seja o processo de informação pode-se privilegiar certas informações e negligenciar outras, além de nem sempre se poder ter acesso a todas as informações.

- Função Bem-Estar Social

A função Bem-Estar Social mostra as várias combina -

ções de utilidade de indivíduos, que proporcionam a sociedade o mesmo nível de satisfação ou bem-estar. Ela é definida como um índice ordinal do bem-estar da sociedade; é uma função dos níveis de utilidade de todos os indivíduos.

São muitas as funções de Bem-Estar social, cada uma expressando as avaliações de diferentes grupos de pessoas.

A dificuldade da função do Bem-Estar social reside no fato de não haver um processo fácil de expressá-la. "Ela é um conceito idealista que não podemos traduzir num instrumento concreto de política"¹.

Teorema da Impossibilidade de Arrow

A escolha social de forma que reflita as preferências individuais implica na existência e construção de funções de Bem-Estar Social.

O prêmio Nobel, Kenneth Arrow, propôs em seu trabalho, *Social Choice and Individual Values*, New York - 1951, as condições a serem atendidas pelas escolhas sociais.

Arrow demonstra que não existe nenhuma operação de agregação de m ordens em uma única ordem, que respeite as quatro condições seguintes:

- 1) Universalidade: nenhuma ordem possível não é a priori excluída;
- 2) Independência: para dois objetos quaisquer a_i e a_j suas posições relativas na ordem agregada não devem depender senão de suas posições relativas na ordem dada para cada um dos julgadores;
- 3) Dominância: se um objeto é superior ou equivalente

te a um outro para todos os julgadores, é superior então na ordem agregada;

- 4) Não Ditadura: isto é, rejeição de um processo que consista em fazer prevalecer a escolha de um dado julgador (ditador), ou seja a ordem agregada é idêntica à ordem do ditador.

O teorema parte da consideração de que os julgadores classificam todos os objetos segundo uma ordem total. Este teorema será bastante útil posteriormente porque ele mostra que não é possível construir preferências sociais a partir de preferências individuais, sem violar uma ou mais de suas quatro condições.

2.3 - A TÉCNICA

A técnica consiste em avaliar a variação da utilidade coletiva através da comparação entre duas situações econômicas: uma situação base na qual é considerada a não existência de um plano e uma outra na qual é considerada a existência de um plano bem como sua implementação e fatores (benefícios e custos) dela decorrentes, ao longo da vida útil considerada para o plano.

Os métodos mais comumente utilizados na avaliação econômica de um projeto de transportes ou na ordenação de várias alternativas mutuamente exclusivas de um projeto são:

- . Valor presente líquido ou valor atual líquido;
- . Relação benefício-custo;
- . Taxa interna de retorno.

Para definição de cada método sejam, b_j e c_j os benefícios e os custos respectivamente, expressos em valor monetário, que ocorrem nos anos $j = 0, 1, \dots, n$, onde n é a vida útil do projeto.

a) Método do Valor Atual Líquido (VAL)

O método consiste em transferir os benefícios e os custos, empregando uma taxa de juros i para o presente e em seguida efetuar a soma destes valores (soma algébrica, os custos são considerados negativos e os benefícios positivos).

$$B = \sum_{j=0}^n \frac{b_j}{(1+i)^j} \quad \text{VAL} = B - C, \text{ B e C são respectivamente iguais ao valor atual líquido do benefício e custo e, } \underline{i} \text{ taxa mínima de atratividade.}$$

$$C = \sum_{j=0}^n \frac{c_j}{(1+i)^j}$$

$$\text{VAL} = B - C = \sum_{j=0}^n \frac{b_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{c_j}{(1+i)^j} = \sum_{j=0}^n \frac{b_j - c_j}{(1+i)^j}$$

Um projeto será economicamente aceitável se $\text{VAL} \geq 0$ e, de várias alternativas mutuamente excludentes, a melhor é a que possui maior VAL (para um mesmo período de projeto).

b) Relação Benefício-Custo

Como no método anterior, consiste em transferir os custos e benefícios utilizando uma taxa de desconto " i " para o presente, e efetuar o quociente entre B e C.

Existem duas abordagens para esta técnica:

$$I) \quad \frac{B}{C} = \frac{\text{VA}(B) + \text{VA}(C_m)}{\text{VA}(C_p)}$$

$$\text{II) } \frac{B}{C} = \frac{\text{VA}(B)}{\text{VA}(C_m) + \text{VA}(C_p)}$$

onde:

VA(B) = valor atual dos benefícios;

VA(C_m) = valor atual dos custos de manutenção;

VA(C_p) = valor atual do custo de implantação do projeto.

Em ambos os casos um projeto é economicamente atrativo se a relação benefício-custo é igual ou maior do que 1.

c) Método da taxa interna de retorno

Consiste em calcular uma taxa de juros "α" real e não negativa denominada taxa interna de retorno, em que os valores atuais dos benefícios e custos são iguais ou seja o valor atual líquido é nulo.

$$\sum_{j=0}^n \frac{b_j}{(1+\alpha)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{c_j}{(1+\alpha)^j} = 0$$

Um projeto é considerado atrativo se a taxa interna de retorno for maior ou igual a taxa mínima de atratividade.

CAPÍTULO III

ANÁLISE CUSTO-EFICÁCIA

Neste bloco será descrita uma outra metodologia aplicada em processos de tomada de decisão denominada CUSTO-EFICÁCIA.

Decorre do próprio nome que a metodologia abrange dois tipos básicos de avaliação. O primeiro o mais visível, é o cálculo e análise dos custos. O segundo, a determinação e a análise da eficácia de um conjunto de objetivos, através da qual procura-se gerar uma medida cardinal que possa quantificar uma coleção de objetivos não quantificáveis em termos monetários.

Inicialmente os engenheiros de sistemas preocupavam-se basicamente na avaliação dos custos dos projetos sem voltar a atenção para os benefícios. Assim a eficiência e rentabilidade de um dado sistema era baseada na minimização dos custos. Com a introdução do cálculo dos benefícios foi modificado o conceito de avaliação. A viabilização de um conjunto de medidas é então testada pelos procedimentos da análise Custo-Benefício. Mas, aquela análise apesar de ser mundialmente aplicada e ainda hoje a mais utilizada, possui certas restrições que a torna limitada e até mesmo inadequada comparada com outros tipos de análises.

A necessidade de um método de tomada de decisão mais abrangente em relação aos dados a serem analisados, provavelmente motivou vários estudiosos a desenvolverem uma série de trabalhos que foram o embrião de novas técnicas de avaliação, entre elas podemos citar o "Planning Balance Sheet" de Nathaniel Lichfield e "Goals Achievement Matrix" de Morris Hill.

Segundo J. Morley⁴ "a combinação das palavras custo e eficácia é nova, entretanto custo-eficácia como disciplina é antiga, ela não é nada mais que a engenharia econômica". Consequentemente suas evoluções seriam idênticas. Mas é um fato que seu uso como uma análise em tomada de decisão só tomou vulto após ser utilizada em estudos de logísticas militares.

3.1 - METODOLOGIA

O processo de análise consiste basicamente de cinco estágios: definição do problema, formulação de medidas de eficácia, estabelecimento de alternativas, avaliação em termos de medidas relevantes e seleção de uma solução preferida¹⁶. O processo em linhas gerais é o mesmo formulado por Linfson e descrito no ítem 1.2. Portanto, a exposição se limitará a medida da eficácia, ponderação dos objetivos e alternativas e seleção de uma solução.

3.1.1 - Matriz de Eficácia

Consideremos:

. um conjunto de planos alternativos $A_i: i=1,2,\dots,m$;
 . um conjunto constituído por objetivos comunitários $O_j: j = 1,2,\dots, n$, que serão utilizados para atingir os planos alternativos;

. um conjunto de pesos relativos $u_j: j=1,2,\dots, n$ correspondentes a cada objetivo. Os pesos (u_j) são valores numéricos das utilidades associadas a cada um dos objetivos ou critérios. Cada medida (u_j) deve atender a seguinte restrição: $\sum_{j=1}^n u_j = 1$;

. e_{ij} a eficácia da medida i em relação ao objetivo j ou seja a medida indicativa de que o objetivo j possa ser atingido, se a alternativa i for adotada ou ainda o valor da alternativa i com respeito a medida j ;

dispostos segundo o quadro seguinte, denominado matriz de eficácia.

QUADRO 1 - MATRIZ DE EFICÁCIA

PLANOS ALTERNATIVOS	OBJETIVOS E PESOS CORRESPONDENTES						EFICÁCIA
	O_1	O_2	...	O_j	...	O_n	
	u_1	u_2	...	u_j	...	u_n	
A_1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1j}	...	e_{1n}	E_1
A_2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2j}	...	e_{2n}	E_2
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
A_i	e_{i1}	e_{i2}	...	e_{ij}	...	e_{in}	E_i
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
A_m	e_{m1}	e_{m2}		e_{mj}		e_{mn}	E_m

Denomina-se eficácia total da alternativa i ao número:

$$E_i = \sum_{j=1}^n u_j e_{ij} \text{ para } i = 1, 2, \dots, m \quad (3.1)$$

Em notação matricial temos:

. Vetor $\begin{bmatrix} u_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_j \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}$ cujos elementos correspondem

aos pesos de cada objetivo;

. Matriz de eficácia

$$[e_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1j} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2j} & \dots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{i1} & e_{i2} & \dots & e_{ij} & \dots & e_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mj} & \dots & e_{mn} \end{bmatrix}$$

. Eficácia das Alternativas: $E_i = [e_{ij}]_{m \times n} \times [u_j]_{n \times 1}$

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_i \\ \vdots \\ E_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1j} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2j} & \dots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{i1} & e_{i2} & \dots & e_{ij} & \dots & e_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mj} & \dots & e_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_j \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$[E_i]$ = vetor onde cada elemento indica a eficácia de uma alternativa.

No caso de p equipes multidisciplinares m planos alternativos ou projetos e n objetivos a utilidade total (E_i) de uma alternativa i será a soma das eficácias parciais obtidas por cada uma das t ($t = 1, 2, \dots, p$) equipes, ou seja:

$$E_i = E_i^1 + E_i^2 + \dots + E_i^t + \dots + E_i^p = \sum_{t=1}^p E_i^t \quad (3.3)$$

como $E_i^t = \sum_{j=1}^n u_j^t \times e_{ij}^t$ então $E_i = \sum_{t=1}^p \left(\sum_{j=1}^n u_j^t \times e_{ij}^t \right)$

onde:

E_i^t é a utilidade parcial obtida pela alternativa i baseada na ponderação da equipe t ;

u_j^t é a ponderação dada ao objetivo j pelo t -ésimo grupo e

e_{ij}^t é a eficácia da alternativa i em relação ao objetivo j , dada pelo t -ésimo grupo.

Assim cada grupo pondera tanto os objetivos (ou critérios) quanto os projetos. Uma abordagem alternativa seria dividir o conjunto dos grupos em dois subconjuntos de sorte que os grupos de um subconjunto fariam a ponderação dos objetivos, enquanto as equipes do outro se encarregam da determinação da eficácia de cada alternativa i em relação ao objetivo j .

3.1.2 - Ponderação

Para implementação do procedimento anterior são requeridos dois passos fundamentais:

- atribuição da importância de um objetivo ou alternativa em relação a outro(a).
- atribuição dos pesos.

O procedimento usual para completa execução das atribuições citadas acima é a constituição de t equipes cujos membros atribuem pesos a cada objetivo e a cada projeto. As equipes podem ser constituídas por pessoas direta ou indiretamente envolvidas com o problema, técnicos ou não.

São muitos os métodos indicados em bibliografias especializadas para ponderação de objetivos. Robert T. Eckenro de ¹⁴ estudou com bastante detalhe seis deles para aplicação em logística militar.

Aquí, serão descritos alguns daqueles e mais o método de Delphi pela sua importância em problemas estratégicos. Antes de passar a esta tarefa, vale salientar que na atribuição da importância de um objetivo ou alternativa em relação a outro(a) e, conseqüentemente a atribuição de pesos, está implícito o conceito de relação de preferência, embora os autores consultados não façam alusão diretamente a mesma. Esta matéria será tratada posteriormente.

I. Escalonamento

Cada membro (c) de um grupo de avaliação é solicitado a dispor os objetivos em ordem decrescente de importância

em relação ao conjunto de objetivos. Em seguida, cada membro do grupo associa a cada objetivo um numeral de sorte que: ao primeiro o mais importante associa o numeral $n-1$, ao seguinte o numeral $n-2$ e assim, sucessivamente até o n -ésimo que terá o valor 0. Desta forma para cada membro (c) obtêm-se:

$$R_j = \sum_{c=1}^k R_{cj} \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

onde:

R_{cj} corresponde aos pontos dado pelo representante c ao objetivo j ;

n e k respectivamente números de objetivos e de decisores.

Os valores das utilidades são:
$$u_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^n R_j} \quad (3.5)$$

II. Classificação

Os objetivos são colocados ao lado de uma escala contínua graduada de 0 a 10 como indica a figura 3. Um membro c é solicitado para unir por uma linha cada objetivo a um valor apropriado da escala de valor.

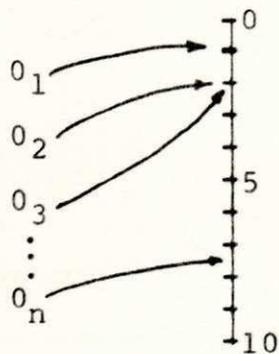


Figura 3

Assim se obtém a matriz:

Objetivos	0_1	0_2	...	0_n
decisores				
M_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1n}
M_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
M_k	P_{k1}	P_{k2}		P_{kn}

Os valores das utilidades são calculados pela expressão (3.5) onde $R_j = \sum_{c=1}^k P_{cj}$

III. Comparação Parcial

Os objetivos são dispostos nas linhas e coluna de uma matriz parcial como indica a figura 4. Cada elemento c do grupo é solicitado para preencher a matriz, colocando o número do objetivo mais valioso do par a ser comparado. O número de vezes que um objetivo é escolhido em relação a ele é tabulado para cada julgador e o número de vezes que cada objetivo é escolhido sobre todos os outros é determinado por adição.

As utilidades (u_j) são calculadas de maneira análoga aos processos anteriores.

	0_1	0_2	0_3	0_4	0_5
0_2	2				
0_3	3	2			
0_4	4	4	3		
0_5	1	5	3	5	
0_6	6	2	5	4	6

Fig. 4 - Exemplo com seis objetivos.

VI. COMPARAÇÕES SUCESSIVAS

Neste processo a lista de objetivos é apresentada ao elemento c que procede como segue:

- a) ordena os critérios em ordem de importância (como no método de escalonamento);
- b) atribui ao objetivo 0_1 o mais importante, o valor (V_1) igual a 1,0 e aos outros valores (V_j) entre 0 e 1,0 segundo sua ordem de importância em relação a 0_1 ;

- c) compara 0_1 com os demais ($0_2, 0_3, \dots, 0_n$). Se 0_1 for preferível ou indiferente a todos os outros juntos, ou seja $V_1 \geq \sum_{j=2}^n V_j$ então compara-se 0_2 com $0_3, 0_4, \dots, 0_n$ como foi feito anteriormente.

Se 0_1 for menos preferível que todos os outros juntos, isto é $V_1 < \sum_{j=2}^n V_j$ então vai ao passo seguinte;

- d) Comparar 0_1 com $0_2, 0_3, \dots, 0_{n-1}$;

Se 0_1 for preferível a todos os outros juntos, ou seja $V_1 \geq \sum_{j=2}^{n-1} V_j$ então compara-se 0_2 com $0_3, 0_4, \dots, 0_n$ como foi feito inicialmente, se

$V_1 < \sum_{j=2}^{n-1} V_j$ então vai ao passo seguinte;

- e) comparar 0_1 com $0_2, 0_3, \dots, 0_n$ e assim sucessivamente até 0_1 ser preferível a todos os demais ou até a comparação de 0_1 com 0_2 e 0_3 juntos;
- f) compare 0_2 com $0_3, 0_4, \dots, 0_n$ como foi feito anteriormente;
- g) continue até a comparação de 0_{n-2} com 0_{n-1} e 0_n juntos por completo.

A determinação da utilidade é processada pelas equações (3.4) e (3.5).

V. Método de Delphi

O método processa comparações baseando-se nas análises estatísticas dos resultados preliminares, sendo que, os participantes devem ficar no anonimato como no método anterior e cada um deles repete o processo indicado na figura 5 até atingir um grau de concordância entre os mesmos. É um método bastante refinado porém de difícil execução.

3.1.3 - Considerações sobre os métodos de ponderação

- . Todos os métodos são consistentes; isto foi determinado por Kendall utilizando coeficientes de concordância;
- . reações subjetivas por parte dos julgadores;
- . todos os métodos são igualmente confiáveis³ mas o do escalonamento é o mais eficiente no que diz respeito a tempo requerido para uso, em relação aos outros, além de ser mais seguro do que os de clas-

AÇÃO DOS PARTICIPANTES

AÇÃO DOS ORGANIZADORES

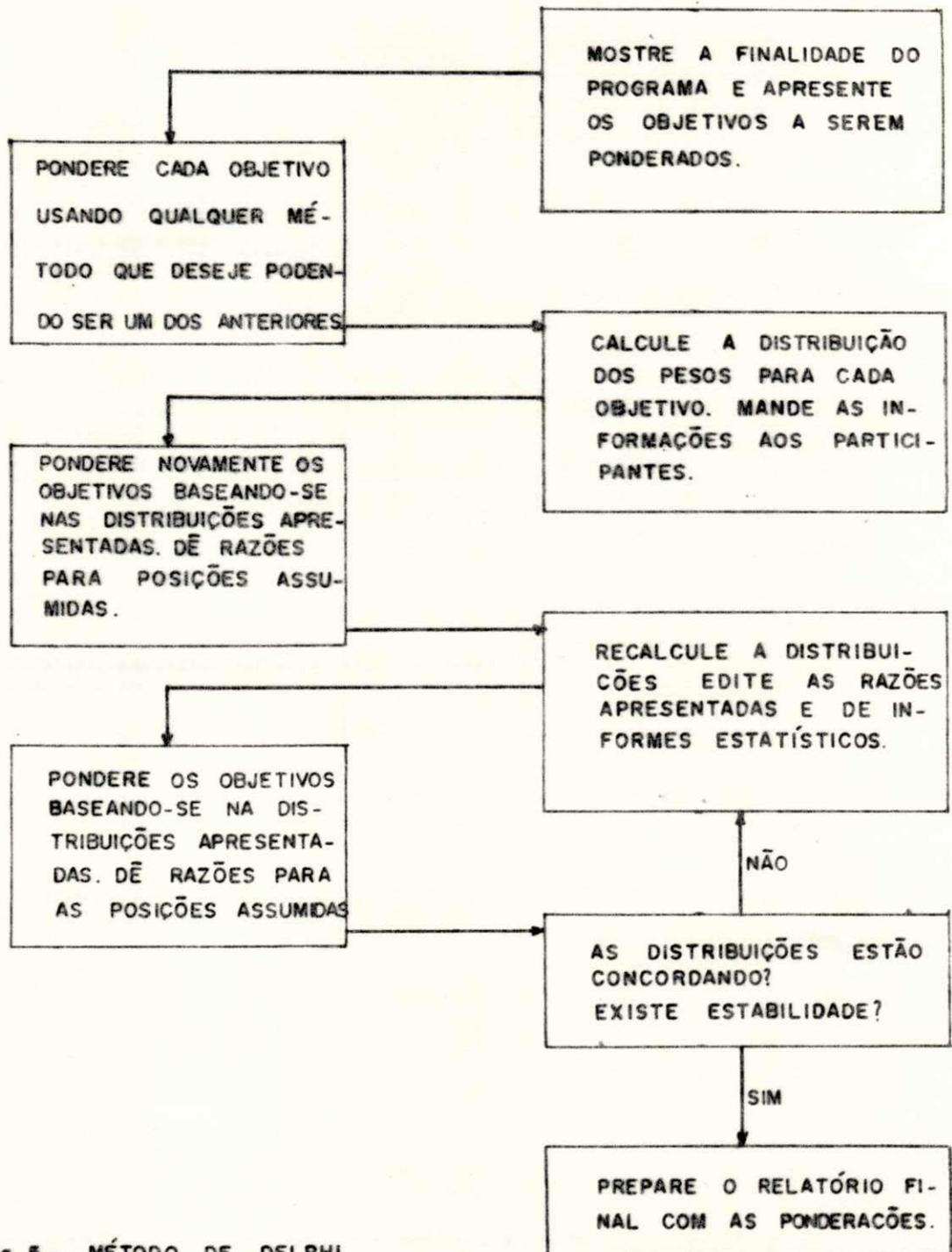


Fig. 5 - MÉTODO DE DELPHI

sificação e comparações;

- . o método de classificação sucessiva apresenta grande dificuldade de aplicação além de consumir muito tempo.

3.1.4 - Seleção de uma solução

Para seleção de uma solução procura-se comparar as alternativas usando seus custos e respectivas eficácias. Para isso utiliza-se os seguintes procedimentos:

- se há restrição orçamentária, são desprezadas as alternativas que possuírem custos acima do valor correspondente à restrição;
- se há restrição de eficácia são desprezadas as alternativas que tiverem eficácia menores que o mínimo exigido;
- se há restrição orçamentária e de eficácia despreza-se aquelas alternativas que não atendem a ambas as restrições;

No caso de não haver restrições e quando as houver, após a eliminação daquelas alternativas que não atendam a ambas restrições, procede-se assim:

- . quando duas alternativas têm mesmo custo a melhor é a que tiver maior eficácia;
- . quando alternativas possuem mesmas grandezas de eficácia a melhor é a que tiver menor custo.

Porém quando as alternativas diferem tanto em custo

como em eficácia, que é a situação mais comum, não há uma base lógica para efetuar a comparação. Neste caso vale salientar que o papel do analista não é escolher a melhor alternativa, mas diminuir a quantidade destas e fornecer mais subsídios para facilitar a tomada de decisão.

3.2 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise custo-eficácia para avaliação de planos alternativos de transporte é mais realista que a análise custo-benefício, pois elimina os problemas decorrentes da adoção de uma medida única, ao se considerar variáveis quantificáveis, qualitativas, homogêneas e/ou heterogêneas e os decorrentes da hipótese de maximização.

Porém, o cálculo da eficácia total de uma alternativa i , pelo próprio procedimento do método, implica na adoção de uma função utilidade $E_i = \sum_{j=1}^n e_{ij} \cdot u_j$, aditiva.

Muitos autores incluindo Fishburn⁵ tem mostrado que uma função utilidade daquela forma existe se, e somente se, os critérios são independentes, ou seja, se os pesos dos critérios não são interrelacionados, o que não ocorre usualmente. O problema então reside na constatação da independência dos critérios, que exigem métodos e conceitos que apresentam dificuldades de ordem operacionais para agregação dos critérios os quais não são facilmente interpretados ao nível de tomada de decisão.

Por outro lado o modelador ao usar a utilidade global (eficácia total) exclue os casos de preferência ampla (conceito dado posteriormente) e de incomparabilidade. Associe-

se a esta exclusão a agregação que acarreta uma necessária transitividade das relações de preferência.

3.3 - FLUXOGRAMA

A figura a seguir apresenta as diversas etapas e suas relações, de uma avaliação pelo método custo-eficácia.

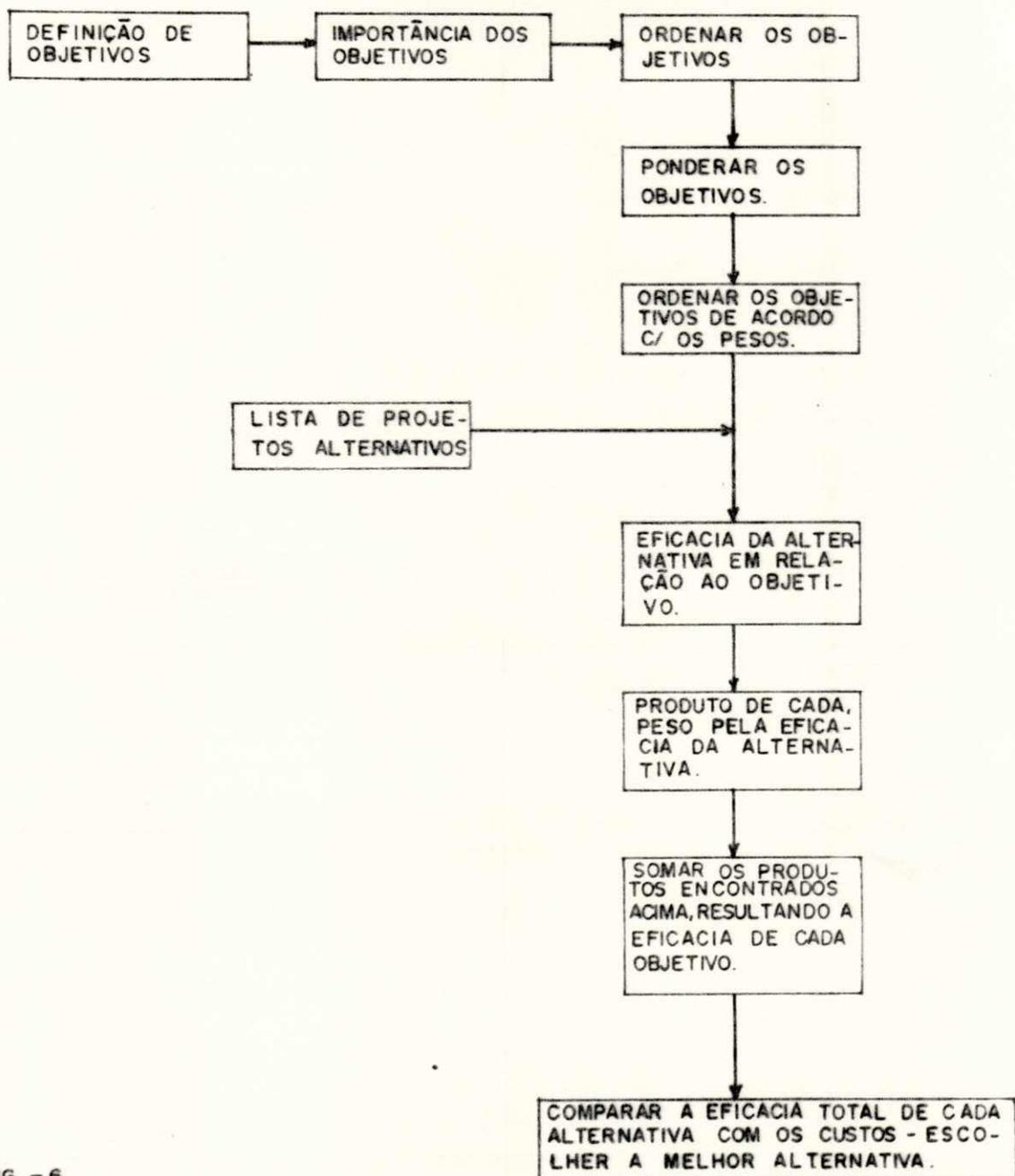


FIG. - 6

CAPÍTULO IV

DECISÃO MULTICRITÉRIO

A teoria da decisão é uma metodologia desenvolvida com o objetivo de reduzir a incerteza do resultado e determinar seu valor esperado¹³. As decisões implicam em um conjunto de ações (A) e estas por sua vez em consequências. Assim uma decisão depende, por uma parte da identificação das ações possíveis e de outra parte da enumeração e da avaliação das consequências decorrentes das ações. A tomada de decisão é um processo para selecionar um possível curso de ação levando-se em conta todas as alternativas viáveis. Portanto, diante do produto cartesiano $A \times C$, do conjunto das ações pelo conjunto das consequências, procura-se modelar preferências, isto é, construir um modelo que traduza o comportamento do decisor (ou modelador). Desta forma é necessário um conjunto de critérios correspondentes a cada ação para que o decisor expresse sua preferência, acarretando a constituição de uma matriz formada pelas ações e pelos critérios.

As etapas principais de uma decisão multicritério são:

- . análise da situação atual: tem por finalidade identificar os fatos, objetivos da decisão, consequências, restrições imperativas ou aquelas que podem ser modificadas ou suprimidas e a amplitude dos pro

blemas;

- . modelação: objetiva encontrar um modelo que traduza as preferências do decisor no que se refere às decisões possíveis; para tanto é necessário a identificação do conjunto das ações possíveis, dos critérios de escolha e a avaliação das ações em decorrência dos critérios;

É cobrir o campo destas etapas a finalidade deste capítulo, abordando seus aspectos mais importantes e a descrição de alguns métodos usados em tomada de decisão multicritério.

4.1 - HISTÓRICO

O maior progresso na área de tomada de decisão multicritério ocorreu nas últimas décadas, acentuadamente a partir de 1965. A mais antiga consideração à análise multi-objetivo foi formulada provavelmente em 1950 por Kuhn-Tucner. Muitas foram as tentativas em examinar esta área de pesquisa e catalogar as documentações relativas ao assunto. Um dos primeiros a perseguir este intento foi Johnsen em 1968, seguido por B. Roy em 1971, Starr e Zeleng em 1977 e Ching-Lai Hwarg e Abusyed Md. Masud em 1979, que apresenta além de uma síntese histórica, uma classificação e uma breve descrição de métodos baseados na maximização de uma função sujeita a determinadas restrições¹⁰. Muitas são as monografias e livros citados por aqueles autores.

Inicialmente foram escritos ensaios monográficos por Ijiri em 1965, Johnsen em 1968, seguidos por Zeleny, Wilhelm, Wallenius, Haines Hall e Fredman mais recentemente. No que

se refere a livros textos contribuíram Lee, Easton, Ignizio e Keeney-Raiffa no período de 1972-1976. Grande progresso na área ocorreu com as teorias, métodos e aplicação formuladas notadamente por Cochran-Zeleny, Leitmann-Marzollo, Wendt-Vlek, Thiriez e Zionts, Starr-Zeleny, Keeney-Raiffa em 1975-1978¹⁰.

A abordagem que será empregada neste trabalho deve-se principalmente a B. Roy e tomou impulso na França na última década com a introdução dos métodos ELECTRE I desenvolvido por Benayon, Roy e Sussmann em 1966, ELECTRE II em 1971 por Roy, Bertier e Besson e Processos Tricotômicos, entre outros. Baseiam-se estes métodos no conceito de superação.

4.2 - SISTEMATIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO

4.2.1 - TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

No estudo de tomada de decisão em um ambiente complexo, termos como "multiobjetivo", "multiatributo", "multicritério" e "multidimensional" são empregados para descrever situações que envolvem decisões. Frequentemente estes termos são usados como sinônimos, e não tem definições universais. Para efeito de sistematização dos métodos de tomada de decisão multicritério, os termos anteriormente citados serão utilizados como não intercambiáveis.

Os métodos de tomada de decisão multicritério são amplamente diversificados. De um modo geral podem ser classificados em duas categorias¹⁰:

- (I) tomada de decisão multiatributo;
- (II) tomada de decisão multiobjetivo.

4.2.1.1 - Tomada de Decisão Multiatributo

Atributos são as características qualitativas ou parâmetros de performance das alternativas¹⁰.

Os problemas de tomada de decisão multiatributo envolve a seleção da "melhor" alternativa a ser descrita em termos de seus atributos. Os métodos de tomada de decisão multiatributo são utilizados quando se dispõe de um pequeno (e pouco enumerável) número de alternativas predeterminadas. As alternativas estão associadas a um conjunto de atributos, os quais podem não ser necessariamente quantificáveis.

. O problema básico

Consideramos, um conjunto de m ações $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$, um conjunto de atributos $X_1, \dots, X_j, \dots, X_n$ e que a escolha de alternativas possa ser avaliada através de cada atributo. Seja o número x_{ij} , com $i=1, \dots, m$ e $j=1, \dots, n$ a avaliação de A_i quando se leva em consideração o atributo X_j . Assim a alternativa A_i pode ser identificada com um vetor consequência $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{in})$ e uma comparação entre duas alternativas envolve comparações entre n -uplas.

O problema consiste em efetuar a seleção final de um conjunto não vazio de alternativas através da comparação inter-e intra-atributos.

. Taxonomia dos métodos de tomada de decisão multiatributo

Os métodos de tomada de decisão multiatributo podem se classificados em:

1 . Métodos por completa aproximação dimensional

1.1 - Dominância

- 1.2 - Restrições conjuntiva e disjuntiva
2. Métodos por simples aproximação dimensional
 - 2.1 - Maximin - $\text{Max}_i \text{Min}_j J_{ij}$
 - 2.2 - Maximax - $\text{Max}_i \text{Max}_j J_{ij}$
 - 2.3 - Lexicografia
 - 2.4 - Eliminação por aspecto (ponto de vista)
 - 2.5 - Índice de eficácia.
3. Métodos por simples aproximação dimensional com teoria da utilidade
 - 3.1 - Teoria da utilidade unidimensional
 - 3.2 - Modelo de utilidade aditiva
 - 3.3 - Modelo de utilidade aditiva esperada
 - 3.4 - Modelo de utilidade quasi-aditiva
 - 3.5 - Modelo de utilidade hierárquica.
4. Métodos por aproximação dimensional intermediária
 - 4.1 - Trade-offs
 - 4.2 - Escalamento multidimensional não métrico.

O método de custo-eficácia estudado no capítulo III é um método de tomada de decisão multiatributo por simples aproximação dimensional com teoria de utilidade aditiva.

As formulações metodológicas dos métodos nesta taxonomia podem ser encontradas no livro *Multiattribute Decisions in Marketing: A Measurement Approach* de Green, P.E. e V. R. Rao e nas referências bibliográficas 5, 10 e 11.

4.2.1.2 - Tomada de Decisão Multiobjetiva

Objetivos são as direções que indicam ao tomador de decisão as melhores alternativas. Portanto refletem suas preferências e indica a direção na qual ele precisa melhorar ou reorganizar o seu trabalho. Os métodos de tomada de

decisão multiobjetivo procuram determinar a "melhor" alternativa considerando diversas interações sujeitas a um conjunto de restrições.

As características comuns aos métodos de tomada de decisão multiobjetivo são as seguintes:

- (1) um conjunto de objetivos quantificáveis;
- (2) um conjunto de restrições perfeitamente definidas;
- (3) um processo de comparação das alternativas.

. O problema básico

Seja Z um conjunto de variáveis de decisão com um elemento genérico z . O conjunto dos z 's exequíveis é caracterizado por um conjunto de restrições. Seja o conjunto dos z 's exequíveis que satisfazem aquelas restrições representado por Z_0 . Na formulação clássica do problema supõe-se a existência de uma função individual objetiva que associa a cada z viável de Z_0 uma avaliação numérica $X(z)$. O problema então consiste em achar Z^0 em Z_0 que maximize (ou minimize) $X(z)$.

De um modo geral em lugar de uma função individual consideramos n funções objetivas X_1, \dots, X_n . Para cada z exequível em Z_0 nós associamos um vetor avaliação $X(z) = [X_1(z), \dots, X_n(z)]$.

O problema compreende escolher z que maximize (ou minimize) $X_i(z)$ para todo i .

. Taxonomia dos métodos de tomada de decisão multiobjetivo

Na figura 7 estão apresentados os principais métodos

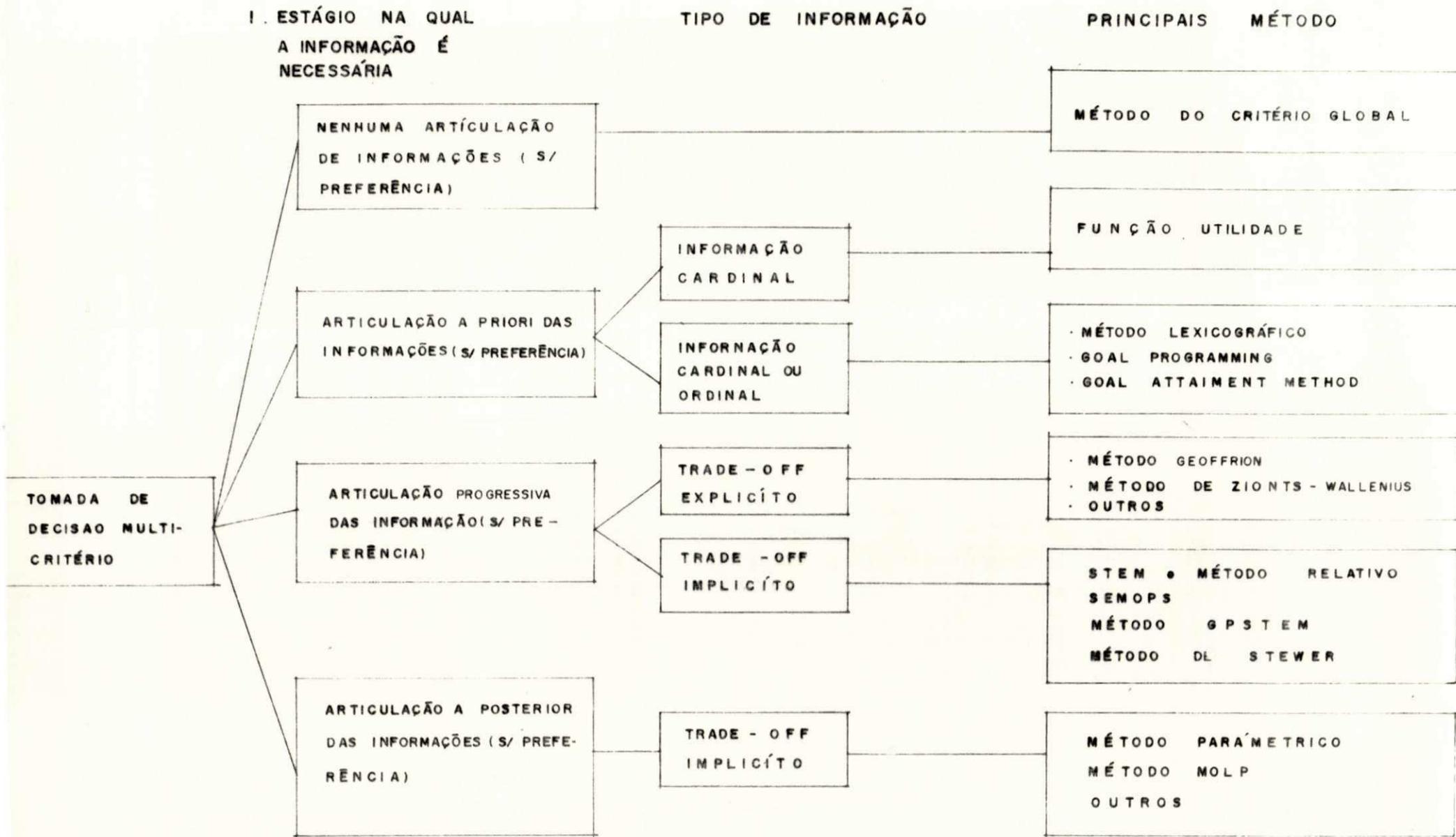


Figura 7 - TAXONOMIA DO MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO MULTIOBJETIVO

utilizados para solução de problemas de tomada de decisão multiobjetivo. Os métodos foram agrupados em blocos de acordo com o estágio em que as informações são necessárias e do tipo de informação (cardinal, ordinal e trade-off).

A formulação matemática e os estudos referentes a cada um destes métodos podem ser encontradas com bastante detalhe nas referências 5 e 13.

A sistemática dos métodos de tomada de decisão multicritério apresentada, não contempla os modelos franceses baseados no conceito de superação. Os autores desta escola agrupam-os em três grandes grupos:

(1) Métodos que utilizam a função utilidade.

Este grupo engloba os métodos que empregam modelos de utilidade unidimensional, utilidade aditiva, utilidade aditiva esperada e função utilidade multicritério, compreendendo portanto, os métodos de tomada de decisão multiatributo por simples e intermediária aproximação dimensional com teoria da utilidade.

(2) O método de superação

Neste grupo estão incluídos todos os métodos baseados na construção de relações de superação, tais como:

- Método das bifurcações da taxa de substituição;
- Método fundamentado sobre uma segmentação tricotônica;
- Método ELECTRE I;

- Método ELECTRE II.

(3) Métodos de exploração progressiva

Este grupo compreende:

- Método POP (Processo de Orientação Progressiva)
que têm como aplicação a resolução de programações lineares multicritérios.

- Goal programming

- Método do ponto de mira evolutivo.

4.2.2 - TOMADA DE DECISÃO

Nos itens anteriores deste capítulo foi mostrada a diversidade e amplitude dos principais métodos utilizados para solução de problemas de tomada de decisão multicritério. A Sistematização apresentada, por se tratar de métodos de análise multicritério, não fornece uma visão macro do processo de tomada de decisão, ou seja não caracteriza a posição daquela análise no contexto global dos processos de decisão.

Com base em uma tipologia de avaliação elaborada pelo Dr. Antonio Ildefonso de Albuquerque Melo foi desenvolvido o quadro seguinte que agrupa os principais modelos empregado na solução de problemas de tomada de decisão.

T I P O	Não linear	Inclue risco	Multi-dimenssial	Decisão Coletiva
I - Análise Custo/Benefício	não	não	não	não
II - Excedente do Consumidor	sim	não	não	não
III- Análise Custo/Eficácia	sim	não	sim	sim
IV - Análise de Decisão	sim	sim	não	não
V - Análise Multiatributo	sim	sim	sim	não
VI - Análise Multiobjetivo	sim	sim	sim	sim
VII- Análise Multicritério	sim	sim	sim	sim

4.3 - MODELAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS

Classificamente admite-se que um decisor, diante de uma situação de decisão é dotado de uma função de utilidade u que lhe permite efetuar comparação entre todas as ações duas a duas, isto é, ordená-las de forma consistente segundo suas preferências. Desta maneira, a utilidade de uma determinada ação é um índice que indica ser ela preferível ou superior a todas as outras com utilidades menores e consequentemente inferior. Portanto o conceito de utilidade está intimamente associado ao de preferência. Por definição um decisor prefere uma ação a a uma outra b se ele obtém mais utilidade ao escolher a ação a do que se escolhesse a ação b .

Os postulados de Von Neumann-Morgenstern (ref.5 pág. 7 e 8) são o embasamento teórico para o desenvolvimento da

teoria da decisão clássica, a qual utiliza o conceito de utilidade cardinal num sentido restrito, isto é, no sentido de que podem ser usados para calcular a utilidade esperada e para comparar diferenças de utilidades. Assim, a abordagem de Von Neumann-Morgenstern é aplicada a situações de risco e é válida na previsão de escolhas, enquanto se maximiza a utilidade esperada.

Uma relação de preferência é uma relação binária entre os elementos de um conjunto A de ações submetidas à escolha de um decisor e de tal sorte que entre dois elementos quaisquer de A são verificadas as seguintes condições⁸:

- I) para todos os pares $(a,b) \in A \times A$ o decisor sabe se o elemento a não é preferível ao b ($a \lesssim b$), se a é preferível a b ($a > b$) ou se é indiferente entre a escolha de a ou b ($a \sim b$);
- II) somente uma das três possibilidades é verdadeira para todo $(a,b) \in A \times A$;
- III) . $a \gtrsim a; \forall a \in A$ (reflexiva);
 . se $a > b \rightarrow b \gtrsim a$ (b não é preferível a a);
 $\forall a,b \in A$ (assimétrica);
 . se $a > b$ e $b > c \rightarrow a > c, \forall a,b,c \in A$ (transitiva);

As condições I, II acrescidas da propriedade transitiva correspondem aos dois primeiros postulados de Von Neumann-Morgenstern, os quais segundo Peter C. Fishburn são suficientes para garantir a existência de uma função de valor real u definida em A tal que:

x é preferível a y se, e somente se $u(x) > u(y)$; $x, y \in A$ (1)
 u é a função utilidade e a propriedade (1) é denominada propriedade da função utilidade. Esta propriedade afirma que a função utilidade é monotônica e crescente.

As três condições (I, II e III) expostas na página anterior constituem o postulado da racionalidade. Ele exige apenas que o decisor seja capaz de dispor as ações em ordem de preferência. O decisor possui desta maneira uma medida ordinal da utilidade e sua ordenação das ações é expressa matematicamente por uma função utilidade.

Quando se teria de múltiplos critérios aquelas condições devem ser atendidas globalmente, para todos os critérios. Isto caracteriza uma relação de preferência estrita.

Contudo, além das possibilidades citadas no item I do postulado da racionalidade podem ocorrer duas outras situações:

- . a de preferência ampla, quando uma de duas ações $a, b \in A$ é preferida globalmente embora existam alguns critérios para os quais isto não ocorra;
- . a de incomparabilidade, quando as duas ações são incomparáveis no sentido de não ocorrer uma das situações de indiferença, preferência estrita ou preferência ampla.

As causas para que ocorra a incomparabilidade são as de que o decisor não pode, não sabe ou não quer efetuar comparações. Outra questão relativa ao postulado da racionalidade é a exigência de que a relação de preferência seja trans

sitiva. Ora, mas o decisor diante das ações $a, b, c \in A$, pode preferir \underline{a} a \underline{b} , \underline{b} a \underline{c} e entretanto não preferir \underline{a} a \underline{c} , por uma questão de incomparabilidade entre \underline{a} e \underline{c} , ou pelo fato de que os motivos que levam o decisor a preferir \underline{a} a \underline{b} são distintos, independentes e nada tem a ver com aqueles que o faz preferir \underline{b} a \underline{c} .

Para contornar algumas destas questões Jean de Montgolfier e Patrice Bertier¹⁵ entre outros autores, empregam a seguinte definição:

Uma relação de preferência é uma relação binária entre os elementos do conjunto A das ações submetidas à escolha do decisor e de sorte que entre duas ações $a, b \in A$, quatro das situações são possíveis para o decisor:

- 1) ele prefere \underline{a} a \underline{b} ($a > b$);
- 2) ele prefere \underline{b} a \underline{a} ($b > a$);
- 3) ele é indiferente ($a \sim b$);
- 4) o decisor não sabe se prefere \underline{a} a \underline{b} .

Mas esta definição embora acrescida da condição 4 que caracteriza a incomparabilidade, não inclui em sua essência o caso de preferência ampla. Portanto, caracteriza uma preferência estrita. Além disto, nada nos diz sobre as propriedades da relação de preferência. Porém, sendo a preferência uma relação binária a ela pode-se aplicar toda a teoria relativa as relações binárias. Assim sendo, uma preferência pode ser concebida como uma ordem, uma preordem ou uma equivalência, variando de acordo com as propriedades a elas pertinentes. Esta associação dá às relações de preferência uma

estrutura mais ampla e uma melhor trabalhabilidade matemática. Porém, torna mais difícil seu uso na prática porque implica na identificação de uma daquelas estruturas.

Para contornar todos os problemas acima citados B. Roy preferiu seguir um caminho diferente daqueles que se apoiam nos postulados de Von Neumann-Morgenstern e consequentemente no conceito de função utilidade. Para tanto ele lança mão de um novo conceito que é o de superação, apresentado no ítem 4.4.

Na modelação da preferência duas são as situações que podem ocorrer no que se refere à escolha:

- . escolha individual, quando tratar-se de um decisor único. Foi a situação tratada até agora.
- . escolha coletiva ou múltipla, quando um conjunto de decisores $D = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$ modela suas preferências para cada par $u, v \in A$

Neste caso é feita a hipótese de que cada indivíduo $i \in D$ da comunidade diante de duas ações quaisquer $u, v \in A$ adotará uma e somente uma das situações :

- (a) i prefere u a v ($u > v$);
- (b) i prefere v a u ($u < v$);
- (c) i é indiferente entre u e v ($u \sim v$);
- (d) se i prefere u a v e v a x então ele prefere u a x , para todo $u, v, x \in A$.

Assim se $R = \{R^1, R^2, \dots, R^m\}$ representa genericamente uma das possíveis ordenações das ações, é claro que a ca

da indivíduo será associada uma ordem sobre A e portanto aos n indivíduos uma n-upla de ordens (R_1, R_2, \dots, R_n) onde R_i é a ordenação escolhida pelo indivíduo i. O conjunto de todas as ordenações possíveis será $R^n = R \times R \times \dots \times R$. Desta forma a cada n-upla de ordem sobre A será associada uma ordenação R sobre A definindo uma função u de bem-estar social ou função utilidade.

$$(R_1, R_2, \dots, R_n) \xrightarrow{F} R$$

A função assim definida é um índice ordinal; como R_i representa a ordenação realizada pelo elemento i, ou seja, a modulação de sua preferência, a função F representará consequentemente a sua utilidade, daí temos a função

$$W = W(u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n)$$

onde u_i é igual ao índice de utilidade do i-ésimo indivíduo.

Mas na representação acima ficaram explícitas duas considerações:

- . a de que a coletividade reage como um indivíduo e que ele é sensível a uma utilidade coletiva;
- . a de que as preferências individuais são agregáveis, neste caso confrontando-se com o teorema da impossibilidade de ARROW.

Como no caso da escolha individual não é frequente levar em consideração as situações de preferência ampla e incomparabilidade.

O recurso utilizado neste ítem foi o comumente adotado

do que é o da função de utilidade.

4.4 - FUNÇÃO DE UTILIDADE MULTICRITÉRIO

A função utilidade é uma função matemática que associa uma utilidade a cada elemento do conjunto das ações de modo que toda ação possa ser ordenada.

Quando há muitos objetivos ou critérios associados com uma ação, a função utilidade tem múltiplos argumentos e é concebida como uma função utilidade multidimensional. Assim, uma função utilidade multidimensional comumente chamada função utilidade é uma afirmação matemática que indica a utilidade de todas combinações de valor quando vários critérios são levados em consideração.

A forma geral de uma função utilidade multidimensional é:

$$u(\mathbf{x}) = f [u_1(\mathbf{x}_1), u_2(\mathbf{x}_2), \dots, u_n(\mathbf{x}_n)]$$

onde os critérios são os argumentos da função utilidade e estes por sua vez as variáveis de decisão que formam o vetor $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Há uma série de axiomas que uma função utilidade deve satisfazer para consulta, ver referências 12 e 18.

Uma das premissas fundamentais é que uma função utilidade auxilia a se obter uma ordenação completa das ações possíveis no sentido que, dada duas ações quaisquer $\mathbf{x}^1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)$ e $\mathbf{x}^2 = (x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2)$ com suas correspondentes utilidades $u_i(\mathbf{x}^1)$ e $u_i(\mathbf{x}^2)$, $i = 1, 2, \dots, n$ possa ocorrer que \mathbf{x}^1 é preferido a \mathbf{x}^2 , \mathbf{x}^2 é preferido

\mathbf{x}^1 ou \mathbf{x}^1 e \mathbf{x}^2 são indiferentes e de tal forma que:

- (1) $u_i(\mathbf{x}^1) > u_i(\mathbf{x}^2)$ se, e somente se \mathbf{x}^1 é preferido a \mathbf{x}^2 , e
- (2) em situações envolvendo incertezas a ação com a utilidade mais alta é a preferida.

É assumido usualmente que a função utilidade é definida por uma função monotônica côncava e crescente. Isto é útil, quando se trata de um problema de maximização. Matematicamente isto pode ser posto como:

$$\frac{\partial u(u_1, u_2, \dots, u_p)}{\partial u_k} > 0$$

e

$$k = 1, 2, \dots, p$$

$$\frac{\partial^2 u(u_1, u_2, \dots, u_p)}{\partial^2 u_k} < 0$$

A notação utilizada para representar a função utilidade foi simplificada por não incluir as variáveis de decisão.

Como podemos constatar, problemas envolvendo função utilidade multidimensional são bastante complexos. Uma abordagem que facilita a determinação da função utilidade multidimensional é que supõe que esta possa ser decomposta, assumindo a forma:

$u(\mathbf{x}) = f [u_1(x_1), \dots, u_n(x_n)]$ onde $u_i(x_i)$ é a função utilidade sobre o i -ésimo critério, correspondente a uma ação. Se esta decomposição é possível, o problema da determinação da função utilidade n -dimensional resulta na deter-

minação de n funções de utilidade uni-dimensional e a um fator escalonado que indica a troca de critérios.

Para se adotar este caminho é necessário empregar os conceitos de utilidade condicional e utilidade independente¹².

Quando a função utilidade é aditiva ela toma a forma $u(x) = \sum_i k_i u_i(x_i)$; neste caso sua manipulação, apesar de complexa, é mais simples do que quando ela é multiplicativa, ou seja $u(x) = \frac{1}{k} \{ \prod_i |k k_i u_i(x_i) + 1| - 1 \}$ ¹².

Apesar de todo arcabouço teórico e "simplificações" relativas à função utilidade multidimensional, sua aplicação prática não é fácil, além de excluir duas situações importantes a da incomparabilidade das ações e da preferência ampla. Desta forma, segundo B. Roy²⁰ o modelador força duplamente a vontade do decisor pelas seguintes razões:

- força suas preferências ao excluir os casos de preferências ampla e de incomparabilidade;
- esta exclusão conduz a uma necessária transitividade de das preferências.

por estas razões serão estudados métodos que se baseiam no conceito de superação.

4.5 - RELAÇÃO DE SUPERAÇÃO (SURCLASSEMENT)

Uma relação de superação é uma relação binária S_A definida sobre o conjunto A das ações de tal sorte que:

- . a S_A b e b S_A a com $a, b \in A$, significa que quando i_s

to ocorre o modelador faz opção em favor da indiferença, ou seja, que a e b segundo seu ponto de vista são equivalentes;

- . a $S_A b$ e não $b S_A a$, com $a, b \in A$, significa que o modelador fez opção em favor de uma preferência estrita ou de uma ampla.

Esta definição indica que todas as situações no que se refere a preferência do modelador são levadas em consideração, podendo assim ocorrer preferências estritas, amplas, indiferença e incomparabilidade. Além disso um decisor pode estabelecer várias relações de superação sobre A , quando ele leva em consideração os diversos objetivos, cada uma delas contendo a outra ou seja $S_A^1 C S_A^2 C S_A^3 C \dots$, dependendo dos parâmetros utilizados para suas definições.

Uma relação de superação é portanto um reflexo da preferência e este reflexo pode ser mais ou menos fiel à posição do modelador, no que se refere a ele aceitar mais ou menos risco ao expressar sua preferência.

Para avaliar a amplitude da incerteza é necessário definir um grau de confiabilidade que caracterizará as relações de superação. Assim associa-se a toda dupla $(a, b) \in A$ um número $d(a, b) = \lambda$ que se destina a assimilar a confiabilidade da relação de superação entre a e b .

Este grau de confiabilidade deve possuir as seguintes propriedades:

- 1) o número $d(a, b)$ não faz intervir a e b senão através de suas avaliações sobre uma família coerente de critérios;

- 2) $d(a,b)$ é tanto maior quanto a confiabilidade da superação de a por b for bastante acentuada;
- 3) $d(a,b)=1$ traduz uma superação certa (sem risco) de a por b e ao contrário $d(a,b)=0$ uma não superação de a por b.

Desta forma pode-se ter superação forte e fraca a saber:

- . diz-se que a supera b fortemente se há pouco risco de errar quando se afirma que a é preferível a b; isto é representado por a SF b;
- . diz-se que a supera b fracamente ou que há uma superação fraca entre a e b quando existe um risco maior ao se afirmar que a é preferido a b; esta relação é representada por a Sf b.

O grau de confiabilidade é um número que varia de 0 a 1 e auxilia na distinção entre superação fraca e forte.

Uma forma bastante eficaz de visualizar e enriquecer o conceito de relação de superação é associar a cada uma um grafo. Desta forma muitas propriedades da relação são concebidas em função da estrutura do grafo.

4.6 - OS PRINCIPAIS MÉTODOS

Para se construir uma relação de superação, dois são os caminhos que podem ser seguidos.

O primeiro, o mais simples, consiste em interrogar diretamente o decisor sobre suas preferências. Para isto seria proposto ao mesmo todas as duplas de ações e os crité -

rios adotados e verificar-se-ia quais as suas preferências. Em seguida constroi-se diretamente os grafos de superação e conseqüentemente suas respectivas matrizes. Porém ao se adotar este procedimento depara-se com os seguintes problemas:

- 1) o decisor pode não ser identificável a uma pessoa única, o que é mais comum; assim torna-se difícil o modelador levantar questões referentes as suas preferências;
- 2) as ações podem ser numerosas de sorte que o decisor não disponha de tempo para efetuar as comparações;
- 3) as ações podem ser muito diferentes, dificultando a tarefa do decisor de indicar diretamente as preferências.

O segundo caminho compreende a construção de um quadro de avaliação contendo as ações e os critérios. Desta forma é necessário se dispor de:

- . um conjunto A de ações realizáveis;
- . verificar seus impactos e descrever o conjunto de conseqüências ao se adotar aquelas ações;
- . estabelecer critérios de escolha;
- . adotar uma escala para ponderação dos critérios;
- . definir um conjunto de estados e escala que permita a comparação das ações levando-se em conta cada critério;
- . definir um ou vários graus de confiabilidade.

Os principais métodos desenvolvidos baseados no conceito de relação de superação e que empregam o quadro de avaliação são:

- métodos das bifurcações da taxa de substituição.
(Méthode des fourchettes de taux de substitution);
- método fundamentado sobre uma segmentação tricotômica;
- métodos do tipo ELECTRE.

O método das bifurcações das taxas de substituição consiste basicamente em¹⁵:

- . escolha de um critério de referência E_1 em relação ao qual as taxas de substituição serão avaliadas;
- . exame das taxas de substituição;
- . construção da relação de superação;
- . redução das bifurcações das taxas de substituição;
- . construção do grafo de superação e escolha da melhor ação.

Várias são as questões levantadas em relação a este método, as mais importantes, por dificultarem suas aplicações, são:

- de ordem metodológica - formulação matemática;
- escolha do critério de referência e;
- redução das bifurcações.

O método da segmentação tricotômica foi proposto por Hyenne e Mascarola¹⁶ e tem como objetivo aplicar um processo de tricotomia sobre o conjunto A das ações, tendo em conta

o conjunto dos critérios, isto é, fazer uma partição do conjunto A em três categorias de forma que $A_1 \cup A_2 \cup A_3 = A$.

A primeira categoria A_1 comporta as ações consideradas como boas, o subconjunto A_3 contém aquelas consideradas más e o A_2 aquelas que necessitam de um exame complementar. Para alcançar este objetivo o método emprega os conceitos de grau de confiabilidade e os de grafo. Para maior detalhe consultar a referência¹⁶.

No ítem seguinte serão examinados com mais detalhes os métodos do tipo ELECTRE.

4.7 - MÉTODOS DO TIPO ELECTRE

4.7.1 - ELECTRE I

O método ELECTRE I - Eliminação e Escolha, Traduzindo a Realidade, foi desenvolvido em 1966 por BENAYON, ROY e SUSSMANN⁷.

O método tem como objetivo selecionar a melhor ação de A ou encontrar um subconjunto de A que contenha a melhor ação, levando em conta o conjunto dos múltiplos critérios. É portanto um método que faz uma dicotomia no conjunto das ações possíveis.

Para se encontrar o subconjunto N ($N \subset A$) formado pelas ações selecionadas constroi-se uma relação de superação S_A sobre A e procura-se identificar o núcleo do grafo associado à relação de superação, que constituirá o subconjunto N . Se em vez de N se desejar achar a melhor ação, depura-se o grafo até que seu núcleo comporte apenas uma ação. Desta

maneira a relação S_A deve ser de tal forma que o grafo a ela associado comporte um núcleo e para isto é necessário que ele não tenha circuito ou seja que a relação S_A seja transitiva. Quando não é possível o fechamento do grafo de superação recorre-se ao conceito de quase-núcleo.

. Relação de Superação (S_A)

Consideremos o quadro de avaliação seguinte.

QUADRO 2 - QUADRO DE AVALIAÇÃO

ações	critérios					
	C_1	C_2	\dots	C_j	\dots	C_m
a_1						
\vdots						
a_i				Y_{ij}		
\vdots						
a_n						
Ponderação	p_1	p_2	\dots	p_j	\dots	p_m

O quadro contém:

- . o conjunto das ações realizáveis: $A = \{a_i\}; i=1,2,\dots,n$
- . o conjunto dos critérios : $C = \{c_j\}; j=1,\dots,m$
- . o vetor $P = (p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_m)$ dos pesos associados a cada um dos critérios e reflete a importância que o decisor atribue a cada critério em relação ao outro;
- . um conjunto de vetores $\{y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{nj}\}$ com $j=1,2,\dots,m$ que correspondem a estados e/ou escalas associadas a cada um dos critérios, ou seja, cada elemento do vetor indica a avaliação de uma ação

em relação a outra para um determinado critério.

Para se chegar a bipartição de A, que é o objetivo do método, antes é feita uma bipartição dos critérios lançando-se mão para isto de dois indicadores, um de concordância e outro de discordância.

O primeiro construído a partir dos pesos p_i dos critérios, dará origem a uma matriz de concordância. Os elementos desta matriz são obtidos a partir dos critérios para os quais se verifica a superação de a_i por a_k ($a_i \rightarrow a_k$). A superação é verificada através dos vetores linhas correspondentes a a_i e a_k ou seja através do conjunto dos critérios para os quais $Y_{ij} > Y_{kj}$ para $j = 1, 2, \dots, m$.

Assim os indicadores são determinados por:

$$C(a_i, a_k) = \frac{\sum_{j \in M} p_j (a_i \rightarrow a_k)}{\sum_{j \in M} p_j}$$

O numerador indica a soma dos coeficientes p_j para os quais a_i supera ou é indiferente a a_k e o denominador a soma de todos os coeficientes de ponderação.

Os valores de $C(a_i, a_k)$ variam de 1 a 0. Será igual a um, quando ocorrer uma concordância plena com a hipótese de superação para todos os critérios e igual a zero quando não for constatada nenhuma concordância $\forall C_j \in M$.

O segundo indicador, o de discordância, procura medir a amplitude da discordância que existe entre as escalas adotadas para avaliar as ações, segundo cada critério e para aqueles onde não é verificada a superação de a_i por a_k e o maior desacordo entre todas as m escalas. A não superação

de a_i por a_k é constatada através dos vetores linhas da matriz de avaliação correspondentes aquelas ações, por intermédio do subconjunto dos critérios para os quais $Y_{ij} < Y_{kj}$ com $j = 1, 2, \dots, m$.

Assim os indicadores de discordância são determinados por:

$$D_{(a_i, a_k)} = \frac{\text{Max } |Y_{ij} - Y_{kj}|}{\text{Max desacordo}}$$

O valor mínimo de $D(a_i, a_k)$ é zero no caso de ausência de desacordo com a hipótese de superação e no máximo igual a 1.

O conjunto dos desacordos constitui a matriz de desacordo.

Para construir a relação de superação e efetuar a bipartição do conjunto A é necessário definir os graus de confiabilidade.

Para tanto considera-se um par de números p e q ambos compreendidos entre 0 e 1, sendo o primeiro bastante próximo de 1 e o outro relativamente perto de 0.

Por definição, uma ação a_i supera uma outra ação a_k , levando-se em conta os m critérios e os limiar p e q se e somente se forem satisfeitas, as seguintes condições:

- I . o indicador de concordância for maior ou igual a p .
- II. o indicador de discordância for no máximo igual a q .

Para cada valor atribuído ao par (p, q) se obtém uma

relação de superação e seu correspondente grafo.

A depuração do núcleo do grafo de forma que ele contenha uma única ação, quando possível, é feita através de interações sucessivas dos valores de p e q de modo que p diminua progressivamente e q aumente.

Jean-Louis Guigou ⁷ tece as seguintes críticas em relação ao método:

- I. Se a relação de superação definida não é transitiva, o grafo de superação comporta circuito e consequentemente pode não possuir um único núcleo;
- II. quando os valores de p e q são elevados, isto é, próximos de 1 e 0 a relação de superação comporta poucos arcos e quase todas as ações compreendem o conjunto solução.

4.7.2 - ELECTRE II

O método foi desenvolvido praticamente na mesma época por B. ROY e P. BERTIER em 1971 integrantes da direção científica do SEMA e por G. BERNARD e M.L. BESSON da equipe do CETEM, Paris.

O método tem como objetivo proporcionar uma ordenação ou preordenação dos elementos de A . Para isto lança mão dos conceitos de superação forte (SF) e superação fraca (Sf) definidas no ítem 4.5. Estas servem de base para a construção do grafo de superação e classificação dos projetos (ações).

Descrição do Método

O ELECTRE II, como o método anterior, utiliza o quadro de avaliação definido no ítem precedente. Assim necessário se faz:

- . definir um conjunto de ações possíveis A,
- . definir um conjunto de critérios;
- . ponderar os critérios;
- . definir um conjunto de m escalas E_j que compreende um conjunto finito completamente ordenado;

além de:

- . efetuar uma tricotomia no conjunto dos critérios e consequentemente no vetor dos coeficientes de ponderação;
- . estabelecer limites de concordância e de discordância;
- . estabelecer testes para avaliar as concordâncias e discordâncias e;
- . ordenação das ações.

- Tricotomia

Levando em consideração os múltiplos critérios define-se para cada par de ações $a_i, a_k \in A$:

(I) Tricotomia no conjunto M dos critérios

$$M_{(a_i, a_k)}^+ = \{C_j \in M \mid y_{ij} > y_{kj}\} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$M_{(a_i, a_k)}^- = \{ C_j \in M \mid Y_{ij} < Y_{kj} \}$$

$$M_{(a_i, a_k)}^= = \{ C_j \in M \mid Y_{ij} = Y_{kj} \}$$

II) tricotomia no conjunto P dos coeficientes de ponderação

Constroi-se subconjuntos P^+, P^- e $P^=$ de P tal que $P^+ \cup P^- \cup P^= = P$. Os elementos desses subconjuntos são obtidos de forma similar aos elementos dos subconjuntos M^+, M^- e $M^=$.

- Limites de concordância

Compreendem um conjunto de parâmetros $\{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}$, tais que $1 > \lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0$ a serem determinados pelo decisor e que testam a hipótese básica de um elemento a_i superar a_k , sendo $a_i, a_k \in A$.

Segundo estudos desenvolvidos por B. ROY e P. RERTIER²² os valores mais representativos para aqueles parâmetros são $\lambda_1 = \frac{3}{4}$, $\lambda_2 = \frac{2}{3}$ e $\lambda_3 = \frac{3}{5}$, os quais são sugeridos por Jean-Louis Guigou⁷ como valores padrões.

- Limites de discordância

Para cada critério C_j é definido um par (d_{1j}, d_{2j}) , $C_j \in M$ e que dependem das escalas E_j escolhidas, de modo que $d_{1j} > d_{2j}$. Desta forma se está em presença de dois vetores $(d_{11}, d_{12}, \dots, d_{1m})$ e $(d_{21}, d_{22}, \dots, d_{2m})$ que irão indicar a confiabilidade da discordância de que o elemento a_i supera o elemento a_j , levando-se em conta para isto as di-

versas comparações entre os Y_{ij} e Y_{kj} .

- Teste

A bateria de teste descrita a seguir serve para definir as superações forte e fraca. Para tanto será necessário determinar:

$$(I) P_{(a_i, a_k)}^+ = \sum p_j \quad \text{onde } p_j \in p^+$$

$$P_{(a_i, a_k)}^- = \sum p_j \quad \text{onde } p_j \in p^-$$

$$P_{(a_i, a_k)}^= = \sum p_j \quad \text{sendo } p_j \in p^=$$

$$(II) \lambda_{(a_i, a_k)} = \frac{P_{(a_i, a_k)}^+ + P_{(a_i, a_k)}^=}{\sum_{j=1}^m p_j}$$

onde $\sum_{j=1}^m p_j = P_{(a_i, a_k)}^+ + P_{(a_i, a_k)}^- + P_{(a_i, a_k)}^=$

$$(III) d_{(a_i, a_k)j} = |Y_{ij} - Y_{kj}| \quad \forall c_j \in M_{(a_i, a_k)}^-$$

Assim, devem ser verificadas as seguintes condições:

$$(a) \frac{P_{(a_i, a_k)}^+}{P_{(a_i, a_k)}^-} \geq 1; \quad \text{se isto ocorrer, prossegue-se}$$

testando os pares $(a_i, a_k) \in A$ e em caso contrário, não é possível afirmar que houve superação.

(b) caracterização da superação forte (SF)

Isto é realizado através dos testes:

$$(I) \lambda_{(a_i, a_k)} > \lambda_1 \text{ e } d_{(a_i, a_k)j} < d_{2j}, \quad \forall c_j \in M$$

$$(II) \quad \lambda(a_i, a_k) \geq \lambda_2 \text{ e } d(a_i, a_k)_j \leq d_{ij}, \forall C_j \in M$$

Quando uma das duas condições é satisfeita a superação é denominada forte e indica-se no grafo por \longrightarrow ; assim $a_j \longrightarrow a_k$ significa que a_j supera fortemente a_k .

(c) caracterização da superação fraca (S_f)

Condições que devem ser atendidas:

$$(III) \quad \lambda_3 \leq \lambda(a_i, a_k) < \lambda_2 \text{ e } d(a_i, a_k)_j < d_{2j},$$

para todo $C_j \in M$.

$$(IV) \quad \lambda_2 \leq \lambda(a_i, a_k) < \lambda_1 \text{ e } d_1 < d(a_i, a_k)_j \leq d_2$$

Atendidas estas condições a superação é dita fraca e representada no grafo por \dashrightarrow ; assim no grafo $a_i \dashrightarrow a_k$ significa $a_i S_f a_k$.

Quando a_i supera a_k e a_k supera a_i estamos diante do caso de indiferença, o qual é indicado em termos de grafo por uma dupla seta.

O quadro a seguir auxilia a visualização dos testes, desde que seja atendida a condição (a), $\frac{P^+(a_i, a_k)}{P^-(a_i, a_k)} \geq 1$ e conseqüentemente ajuda a caracterização da superação forte e superação fraca.

Desta forma ficam definidas as relações de superações forte, fraca e ausência das mesmas.

As condições (I) correspondem no quadro aos quadrantes 1 e 2, a (II) ao quadrante (3), a (III) aos quadrantes 5 e 6 e a (IV) ao quadrante (4).

QUADRO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA SUPERAÇÃO

d \ λ	1	λ_1	λ_2	λ_3	0
d_{1j}	SF 1	SF 3	Sf 5	*	*
d_{2j}	SF 2	Sf 4	Sf 6	*	*
max. escala	*	*	*	*	*

* Indica os casos onde não ocorre superação e é representada no grafo da superação pela ausência de arcos entre os pares $(a_i, a_k) \in A$.

- ordenação das ações

Concluída a comparação entre todos $(a_i, a_k) \in A$ e definidas as relações de superações fortes e fracas constroi-se o grafo de superação e procede-se a fase de ordenação das ações.

Para isto são feitas duas ordenações uma direta e outra inversa e a ordenação final será uma ordenação média obtida das duas anteriores.

A ordenação direta é encontrada a partir dos caminhos que têm como origem um vértice a_i e representa o número de vezes p que a ação a_i supera outras ações. Assim no grafo hipotético seguinte para o vértice $a_1, p=4$ e para o $a_2, p=3$, sendo neste caso composto de duas superações fortes e uma fraca. Assim, quanto maior o número de ligações que saem do vértice melhor classificação direta terá esta ação. Para o

exemplo, a classificação direta será $a_1 > a_2 > a_6 > a_3 > a_4 > a_5$.

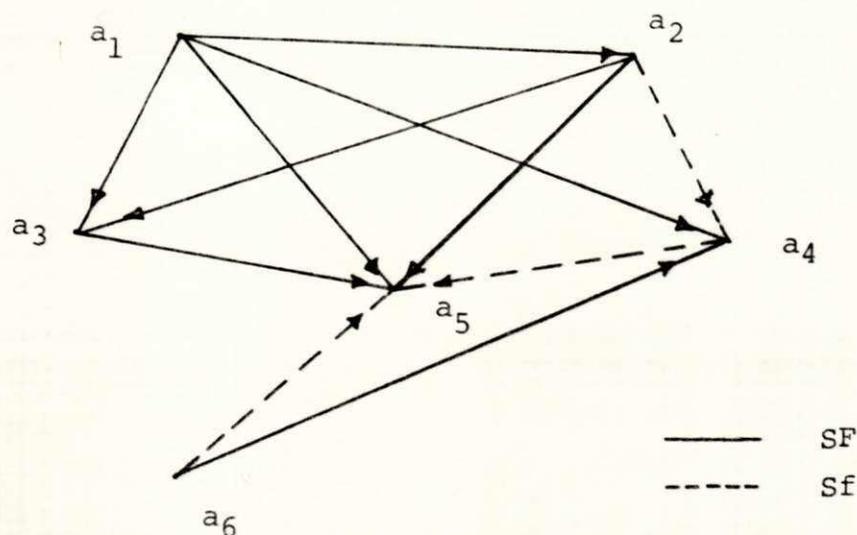


Figura 6 - GRAFO HIPOTÉTICO

A ordenação inversa é encontrada a partir dos comprimentos dos caminhos incidentes que é representado pelo número de vezes que um elemento é superado por outros. No exemplo o caminho incidente ao vértice a_3 é 2 e ao vértice a_4 é 3 sendo duas vezes superado fortemente e uma vez fracamente. Portanto quanto menor o número de ligações incidentes melhor a classificação inversa deste elemento.

No exemplo a ordenação inversa é $a_1 = a_6 > a_2 > a_3 > a_4 > a_5$

A superação fraca servirá sempre para desempate nos casos de igualdade, quando se efetua a ordenação através da superação forte.

A ordenação final é a que corresponde a classificação intermediária entre a classificação direta e a inversa, e pode ser conseguida através da média dos pontos obtidos nas

classificações diretas e inversas.

No exemplo a classificação média seria:

$$a_1 > a_2 = a_6 > a_3 > a_4 > a_5$$

4.6.3 - Fluxograma

Na página seguinte é apresentado um fluxograma para a operacionalidade do método.

4.8 - MÉTODO AUTRAN

O método foi desenvolvido pelo professor Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes e compreende o núcleo de sua dissertação para obtenção do grau de Doctor of Philosophy in Engineering na University of California, Berkeley, publicada em 1976.

O método, como o ELECTRE II, tem como finalidade proporcionar uma ordenação sobre os elementos do conjunto A das ações, levando-se em consideração os múltiplos critérios, ou seja, efetuar sobre os elementos de A uma ordenação multicritério.

4.8.1 - Conceitos Básicos e Metodologia de Cálculo

A estrutura do processo de decisão empregado pelo prof. Autran pode ser sumarizada no diagrama correspondente a figura 8.

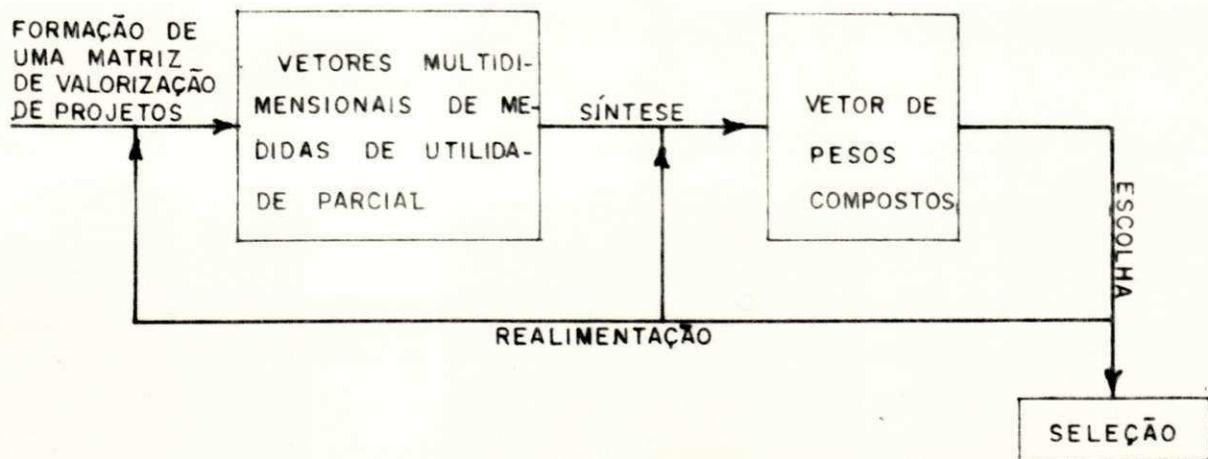


Figura 9- ESTRUTURA DO PROCESSO DE DECISÃO DO MÉTODO AUTRAN

O procedimento compreende basicamente na formação de uma matriz de valoração de projetos $W = [W_{ic}]_{n \times m}$ cujas colunas são vetores correspondentes a pesos dos projetos e cada elemento W_{ic} da matriz reflete a performance de um projeto i com respeito a um critério particular c . Estes elementos são denominados de medida de performance parcial ou medida de utilidade parcial. Assim, o elemento genérico a_{ij} ($0 \leq a_{ij} \leq 1$ e $\sum_{i=1}^n a_{ij} = 1$) indica a utilidade do projeto i com respeito ao critério c .

Quando o critério é quantificável, as medidas das utilidades parciais em relação a este critério, são determinadas diretamente e depois normalizadas.

Entretanto, quando o critério é não quantificável, são construídas matrizes de comparação direta entre pares de projetos para cada critério. Um algoritmo é então aplicado para determinar as medidas de comparação indireta entre pares de projeto, e computadas as medidas de utilidade total.

Após a formação da matriz de valoração, com suas colunas representando medidas de utilidade parcial, para cri-

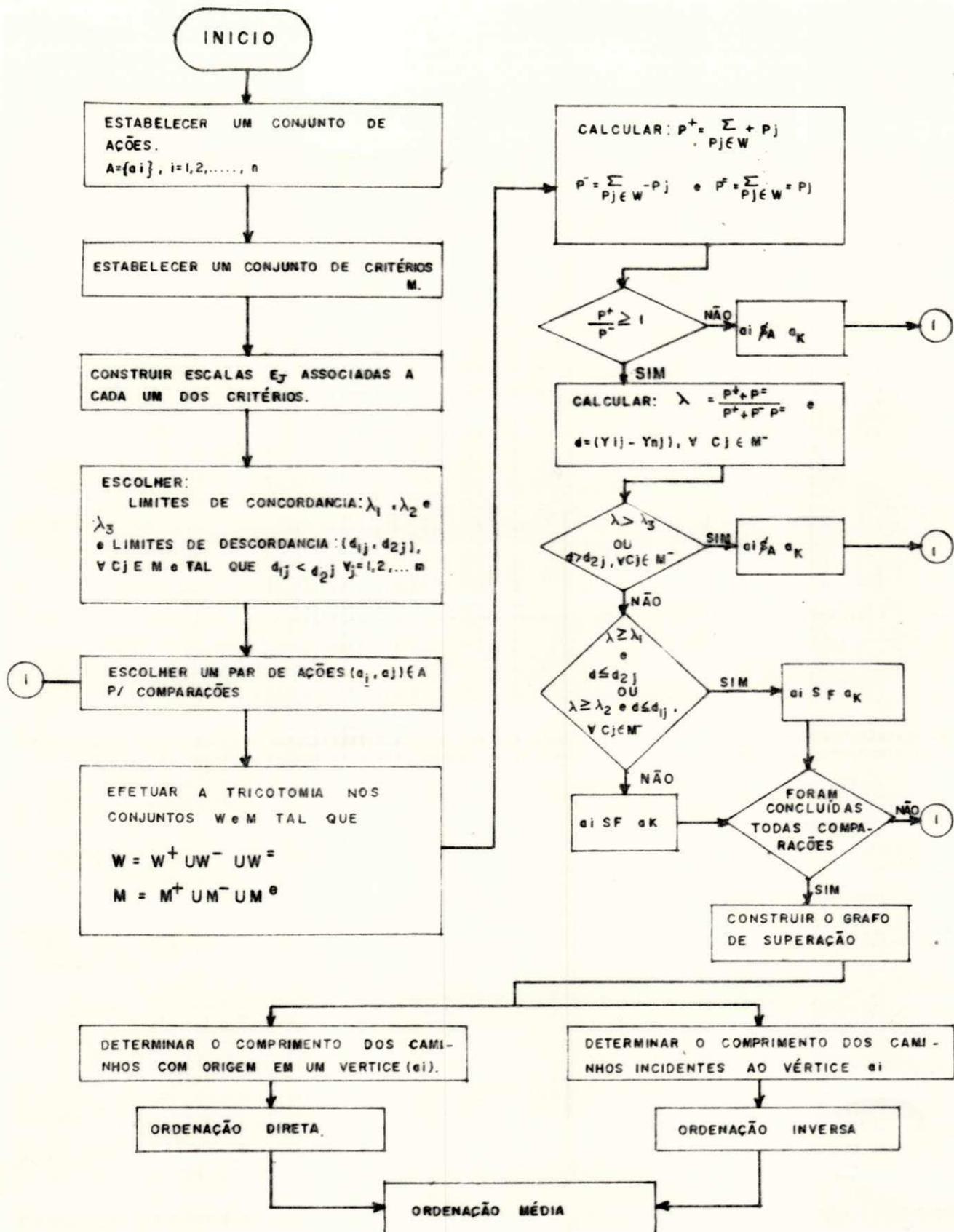


Figura 8 - FLUXOGRAMA PARA OPERACIONALIDADE DO MÉTODO ELECTRE II

térios quantificáveis e não quantificáveis, as informações contidas nesta matriz são sintetizadas e em seguida processada a escolha e seleção de projetos. O feedback mostrado na figura 9, generaliza o processo de política de consenso.

4.8.1.1 - Formação da matriz de valoração dos projetos

Para formação da matriz de valoração dos projetos o autor do método classifica os impactos que um projeto pode gerar, nas seguintes categorias:

- impactos diretos de um projeto em outros projetos;
- impactos indiretos de um projeto em outros projetos;
- impactos direto de um projeto em um critério;
- impactos indiretos de um projeto em um critério.

Quando os projetos não são mutuamente exclusivos, ou seja, quando há contigência entre dois ou mais projetos (isto ocorre quando suas medidas de utilidade parcial são inter-dependentes²), a metodologia desenvolvida pelo autor indica que sejam levados em consideração fatores de contigência que objetivam corrigir os vetores pesos de utilidade parcial. Para um melhor detalhamento da matéria consultar o capítulo V da referência 6.

Para tratamento dos impactos diretos de um projeto sobre objetivos, são construídas matrizes A_c cujos elementos representam comparações entre pares de projeto e devem satisfazer as seguintes condições⁶:

(a) $0 \leq a_{ij} \leq N$; N = número limite de uma escala de valor estabelecida

(b) $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ se $a_{ij} \neq 0$ e $a_{ij} = 1$ se $i = j$

(c) $a_{ij} = 0$ se $a_{ji} = 0$

Os impactos indiretos de um projeto em um objetivo são avaliados a partir da matriz de comparação direta dos projetos através de comparações indiretas. Para tanto, adota-se que os elementos daquela matriz foram determinados a partir de escalas cardinais e portanto que cada projeto é tantas vezes melhor, ou mais eficaz, do que o outro. Assim, para se determinar a valorização indireta de i sobre j , via k , procede-se da seguinte forma:

Se $a_{ik} = x$ indicando isto que o projeto i é x vezes mais importante do que o projeto k ;

$a_{kj} = y$ significando que o projeto k é y vezes mais eficiente do que o projeto j .

então, podemos afirmar que $a_{ij} = a_{ik} \times a_{kj} = x \cdot y$ ou seja, que o projeto i , via projeto k , é xy vezes mais eficiente do que o projeto j .

As comparações indiretas, apesar de pouco importantes em relação às diretas, servem como incremento de informações. Mas, sua adoção implica em redundâncias, que são eliminadas definindo-se os elementos da matriz de comparação indireta da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 {}^2a_{ij} &= \sum_{K|K \neq i, K \neq j}^n (a_{ik} \times a_{kj})/n & i < j \\
 {}^2a_{ij} &= \begin{cases} 1/{}^2a_{ji} & \text{se } {}^2a_{ji} \neq 0 \\ 0 & \text{se } {}^2a_{ji} = 0 \end{cases} & i > j \\
 {}^2a_{ij} &= 1 & i = j \\
 & \vdots \\
 D_{a_{ij}} &= \sum_{K, M, \dots, P}^2 (a_{ik} \times a_{km} \times \dots \times a_{pj}) / [(D-1)(2n-D-2)], i < j \\
 & K \neq i, k \neq j, M \neq i, \\
 & M \neq j, \dots, P \neq i, \\
 & P \neq j \\
 D_{a_{ij}} &= \begin{cases} \frac{1}{D_{aj}} & \text{se } D_{aji} \neq 0 \\ 0 & \text{se } D_{aji} = 0 \end{cases}, & i > j \\
 D_{a_{ij}} &= 1 & i = j
 \end{aligned}$$

onde n = número de projetos e $D = n-1$

Construídas as matrizes de comparação direta e calculadas as matrizes de comparação indireta entre pares de projetos em relação a cada um dos critérios, utiliza-se o algoritmo seguinte para se chegar à matriz de valoração dos projetos:

1. corrigir as matrizes indiretas ${}^\lambda A_C$, $\lambda = 1, 2, \dots, D$, multiplicando cada uma pelo escalar $\epsilon^{\lambda-1}$, desta forma se ob

têm as matrizes ${}^2A_C \times \epsilon$, ${}^3A_C \times \epsilon^2$, ..., ${}^DA_C \times \epsilon^{\lambda-1}$. Esta operação tem por finalidade amortecer a importância das comparações indiretas na determinação da utilidade parcial dos projetos. Desde que não se conhece o valor que ϵ pode assumir em um problema real, o processo é repetido para diferentes valores de ϵ . Segundo o professor Autran ϵ deve variar de 0,3 a 0,7 com acréscimos de 0,1;

2. somar a matriz de comparação direta A_C , as matrizes $A_C \times \epsilon^{\lambda-1}$ de comparações indiretas, encontrando-se a matriz $T_{ij} = A_C + A_C^2 + \dots + A_C^D \epsilon^{D-1}$ relativa a cada critério C_i . Em seguida transformar a matriz T_{ij} em um vetor W obtido pela soma das colunas da matriz T_{ij} . Esta etapa tem por finalidade minimizar as redundâncias causadas pela adoção das potências $\epsilon^{\lambda-1}$ e fornecer um incremento de informações, ao se considerar elementos intermediários como fatores suplementares de valoração^{2,6};

3. normalizar o vetor W obtido na etapa anterior pela fórmula:

$$WN(i) = \frac{W(i)}{\sum_{i=1}^n W(i)}$$

4. verificar se há dependência entre projetos. Em caso afirmativo corrigir os elementos de $WN(i)$ multiplicando-os por um fator de contingência K_i , determinado em função da dependência (casos 1,2 ou 3)².

$$\begin{bmatrix} K_1 & & & & 0 \\ & K_2 & & & \\ & & \cdot & & \\ & & & \cdot & \\ 0 & & & & K_n \end{bmatrix} \times [WN(i)_1, \dots, WN(i)_m]$$

onde m = número de critérios para os quais foi observada a dependência;

Concluída a aplicação do algoritmo monta-se para cada valor de ϵ uma matriz de valorização de projetos, da forma abaixo, incluindo todos os critérios.

Projetos	Critérios					
	1	2	...	c	...	m
1	W_{11}	W_{12}	...	W_{1c}	...	W_{1m}
2	W_{21}	W_{22}	...	W_{2c}	...	W_{2m}
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
i	W_{i1}	W_{i2}	...	W_{ic}	...	W_{im}
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
n	W_{n1}	W_{n2}	...	W_{nc}	...	W_{nm}

4.8.2 - Síntese

A síntese engloba etapas que conduzem a indicação do melhor projeto. Para se atingir o objetivo do método é feito o cotejo entre critérios, de maneira a se determinar uma matriz de comparação direta entre critérios. Aplicando-se o algoritmo anterior determinam-se os valores de $WN(i)$, cor-

respondentes a cada valor de ϵ .

De posse destas informações, determina-se o critério ao qual é atribuído maior peso pelo tomador de decisão². Este critério, denominado critério de referência, pode ser selecionado arbitrariamente, quando se está diante de número elevado de critérios, ou selecionando aquele de maior peso para 70% (no mínimo) dos vetores obtidos, para os diversos valores de ϵ .

Selecionando o critério de referência aplica-se o algoritmo seguinte para se obter os índices globais de dominância ξ_i referentes a cada ϵ .

5. identificar a coluna A_{cc} da matriz de comparação entre critérios correspondente ao critério de referência c ;

6. formar para cada critério a matriz $D_{(i,j)}$, cujos elementos são encontrados por $d_{(i,j)} = WN_{(i)} - WN_{(j)}$ e em seguida reduzir esta matriz a um vetor $VD(i)$ pela soma de suas colunas;

7. formar para cada valor de ϵ a matriz constituída pelos $VD(i)$, obtidos na etapa anterior, para todos os critérios, e efetuar o produto desta matriz pelo vetor A_{cc} extraído da matriz de comparação entre critérios;

8. determinar o índice de dominância global $\xi = \frac{VD^*(i) - \text{Min } VD^*}{\text{Max } VD^* - \text{Min } VD^*}$ referente a cada ϵ , onde $VD^*(i)$ corresponde aos vetores encontrados na etapa anterior.

4.8.3 - Escolha e seleção

Concluída a etapa anterior, procede-se a classificação dos projetos de acordo com os valores encontrados para

o índice de dominância global. Quanto maior seu valor melhor classificação.

Efetuada a ordenação, procede o tomador de decisão a escolha e seleção dos projetos.

CAPÍTULO V

A P L I C A Ç Ã O

Este capítulo é dedicado à aplicação dos métodos custo-eficácia, ELECTRE II e o do professor Autran, a um mesmo estudo de caso, constando basicamente da implementação dos métodos e análise dos resultados decorrentes da implementação. A não inclusão do método custo-benefício nesta aplicação é devida a ausência de dados relativos aos benefícios decorrentes da implantação, de cada um dos projetos.

5.1 - ESTUDO DE CASO

O estudo compreende a avaliação multicritério da implantação de seis artérias localizadas na área urbana de Maciõ. O que se pretende com este estudo, é mostrar a possibilidade de aplicação de métodos multicritérios a ações de transportes em área urbana e sua conseqüente aplicação à tomada de decisão naquela área. O resultado do estudo fornece elementos que possibilitarão a escolha do melhor projeto, além da ordenação dos mesmos quando se tratar dos métodos ELECTRE II e do Autran.

5.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área onde estão inseridas as artérias, objeto do presente estudo, é o município de Maceió, capital do Estado de Alagoas. O município ocupa uma superfície de área igual a 508 Km² e nele residiam em 1980 uma população de 399.298 habitantes dos quais 98,24% residiam na área urbana. (Fonte IBGE).

A ocupação do solo urbano de Maceió, tem se processado de forma bastante acelerada e desordenada, onde se observa que determinadas áreas apresentam alto grau de assentamentos urbanos em detrimento de outras com considerável porcentagem de vazios.

A taxa de crescimento urbano constatada até 1980 foi de 4,5% a.a. Se prevalecer esta taxa é de se esperar para 1990 uma população da ordem de 589.883 habitantes (fonte: Plano de Desenvolvimento Urbano de Maceió - PDUM - 1981).

A expansão urbana da cidade vem se processando segundo cinco grande vetores, a saber:

- o eixo da avenida Fernandes Lima e sua continuação (Av. Durval de Gois Monteiro - BR-104); principal acesso aos centros comerciais e de lazer. Trata-se de uma das artérias de maior fluxo de tráfego e das mais problemáticas da área urbana;

- em seguida destacam-se os vetores da via de acesso ao porto de Maceió em demanda à cidade universitária, cobrindo os bairros de Jacintinho, Barro Duro e Serraria e o situado entre a avenida General Hermes e Av. Fernandes Lima,

abrangendo parte do bairro do Farol e do Pinheiro.

- finalmente o da AL-101 norte a partir de Cruz das Almas com destino as praias da região norte do Estado e o de origem no centro desenvolvendo-se na direção de Jatiúca.

O mapa anexo ilustra as posições destes vetores.

As artérias em questão situam-se todas nestas áreas, de expansão, onde constata-se uma heterogeneidade de uso do solo, sendo predominante o uso comercial (vetor 1) e residencial.

5.3 - CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS

Para escolha das seis artérias foram mantidos contatos com técnicos da COMPLAN/AL, órgão de planejamento do Município, e do escritório do GEIPOT, empresa que elaborou os Planos de Transportes da Cidade (PDTU). Após várias reuniões onde foi debatido o assunto referente a tomada de decisão, optou-se pelo estudo das seguintes artérias, que para aqueles órgãos deveriam ter prioridades no que se refere à implantação de vias.

1. Via Marginal da Lagoa do Mundaú: Esta via com extensão aproximada de 5 km foi projetada em agosto de 1978 em pista dupla com canteiro central da ordem de 6 metros. Seu início (estaca 0) previsto era na MAC-102 na altura do reservatório R-6 da Casal (Chã de Bebedouro), desenvolvendo-se paralelamente à margem da lagoa do Mundaú até o entroncamento com o Dique Estrada nas imediações da Vila Brejal. O montante do investimento segundo estimativa do Geipot era de Cr\$

802,66 x 10⁶ (nov. 1981).

2. Prolongamento da MAC-102 até a BR-316: Via projetada em pista única com início no girador de acesso ao distrito de Fernão Velho e término na BR-316 nas proximidades do DER-AL. O custo estimado para o investimento era da ordem de Cr\$ 119,79 x 10⁶ (Geipot - nov. 1981).

3. Duplicação da AL-101 (trecho entre a rua Comendador Calaça e Jacarecica): o segmento é a mais importante via de acesso as prais da região norte do Estado. Sua duplicação implicará em uma intensa desapropriação, que a cada dia aumenta devido a modificação no uso do solo, que está se processando, de área predominantemente habitacional, para área de grandes empreendimentos comerciais, a exemplo a implantação de dois Shopping Center, além de um Centro de Convenções. O custo de implantação estimado era de Cr\$ 131,61 x 10⁶ sendo deste total aproximadamente 20% destinados à desapropriação (Geipot - nov. 1981).

4. Duplicação da MAC-304 (Lagoa da Anta-Jacarecica): Trecho projetado em pista dupla com canteiro central de 6,00 metros, tendo origem na lagoa da Anta, desenvolvendo-se paralelamente ao mar até o conjunto INOCOP em Jacarecica. Foi construída sem atender às características previstas em projeto, com uma única pista de rolamento. Seu custo estimado (nov. 81) era de Cr\$ 376,13 x 10⁶.

5. Conclusão da Via de Acesso ao Porto: com origem na via Leste-Oeste desenvolve-se a partir desta até o porto de Maceió. Foi projetada como via expressa com o objetivo de es

coar a produção de açúcar, álcool e melão das usinas e destilarias localizadas na zona da Mata do Estado. Seu custo estimado era de Cr\$ 866,42 x 10⁶ (Geipot - nov. 1981).

6. Via do Vale do Reginaldo: Concebida em pista dupla desenvolvendo-se até as imediações do hospital dos Usineiros pelo Vale do Reginaldo, tendo início nas adjacências da antiga rodoviária e final na via de acesso ao porto de Maceió próximo ao posto de polícia rodoviária federal. Seu custo de implantação estimado em nov. 81 era da ordem de Cr\$ 954,46 x 10⁶ (Geipot).

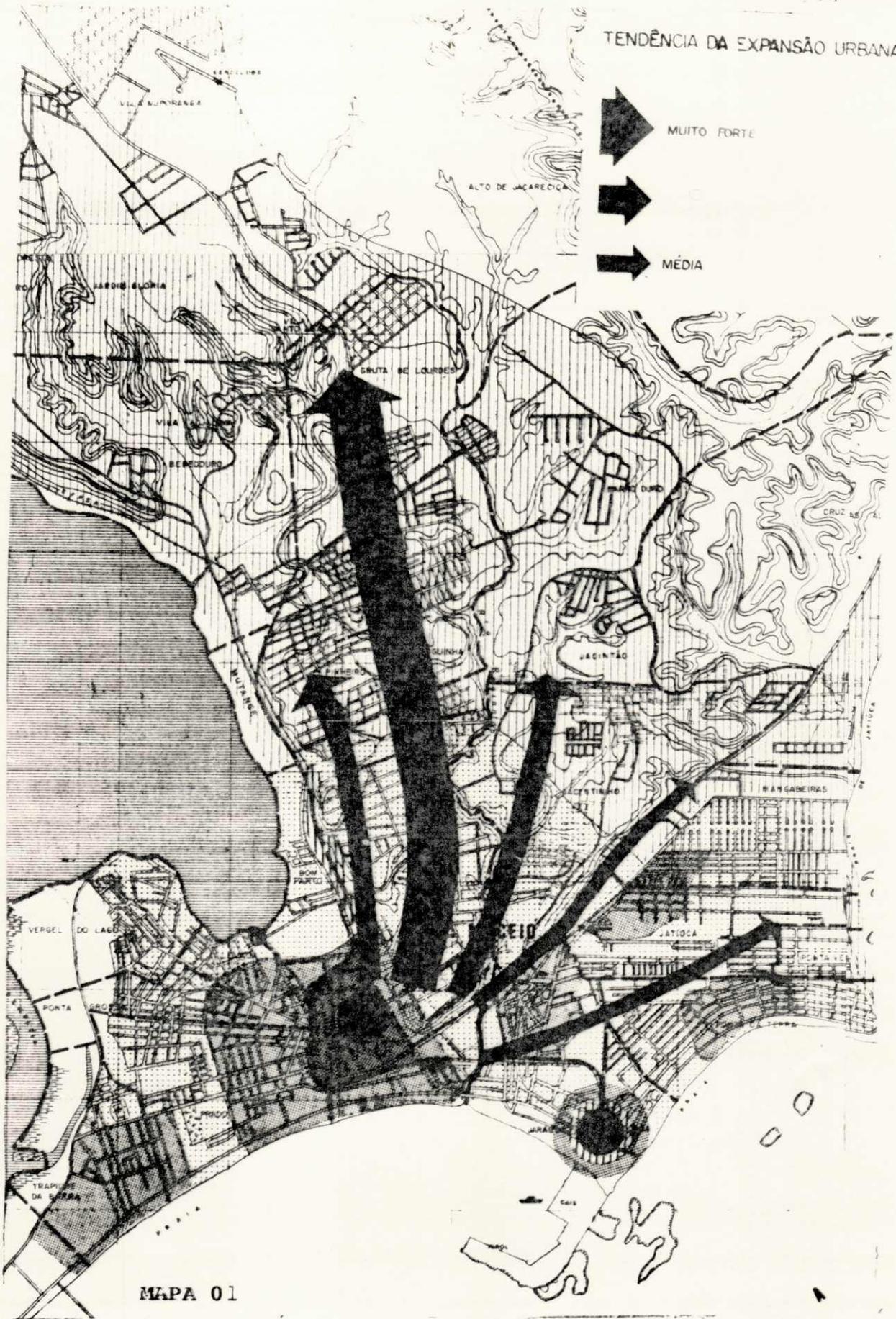
No mapa 02 inserido no final deste item estão indicados em destaque as seis vias, com suas localizações em relação a malha viária do município.

5.4 - SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS

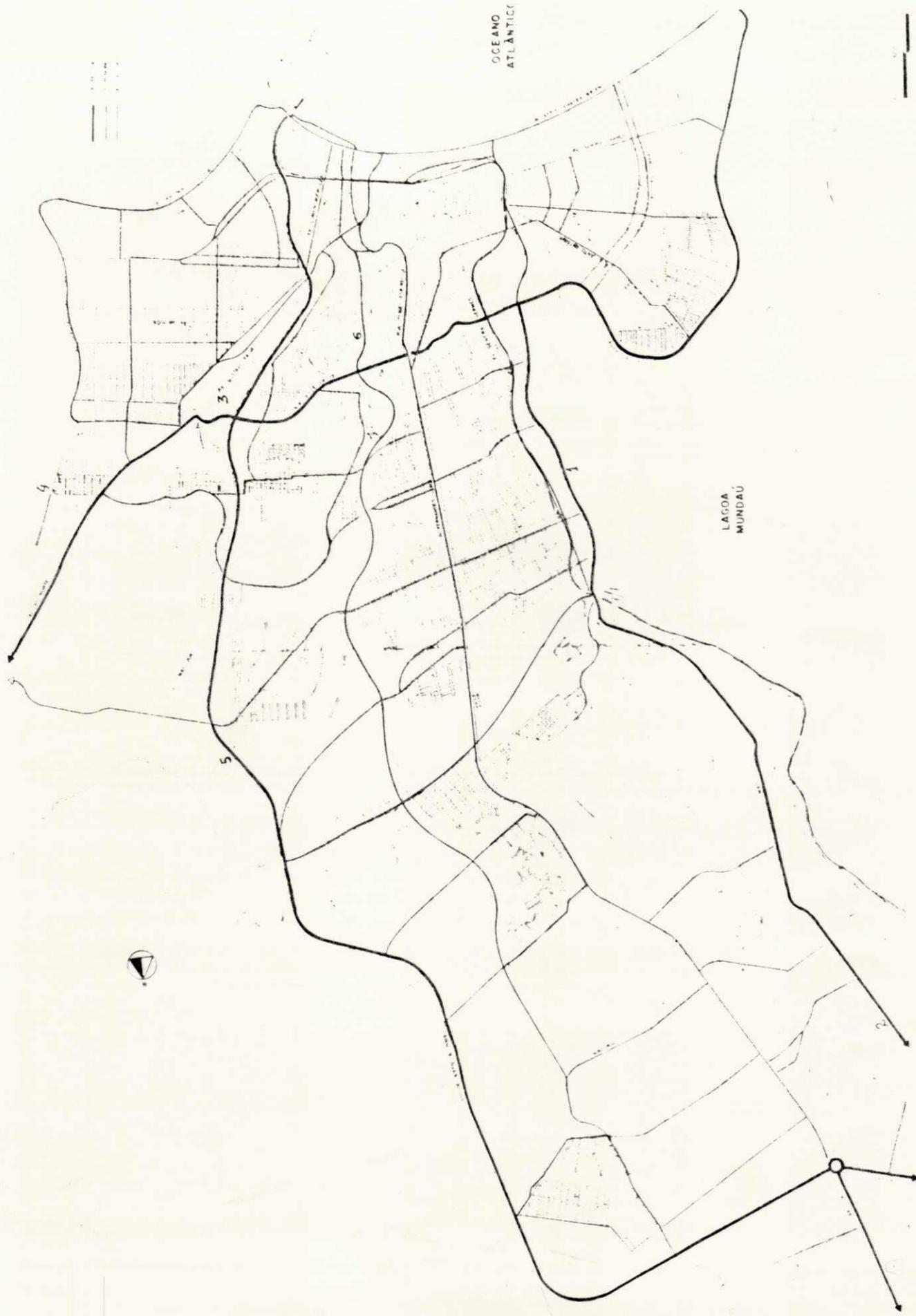
Para identificação e escolha dos critérios a serem adotados no estudo de caso foram consultadas diversas listas de impactos. Destas listas destacamos as contidas nos seguintes trabalhos, por abranger as necessidades básicas de uma comunidade, relatadas no capítulo 1.

- Economic Analysis for Highways de ROBERT WINFREY e CARL ZELLNER, onde os autores fornecem uma lista dos impactos Sócio-Econômicos gerados pela implantação de uma rodovia;
- Fundamentals of Transportation Systems Analysis Volume 1, de MARVIN L. MANHEIM, no capítulo 9 onde o

TENDÊNCIA DA EXPANSÃO URBANA



MAPA 01



OCEANO ATLANTICO

LAGOA MUNDAU



autor insere um quadro dos impactos decorrentes de uma ação em transportes urbanos;

- A.J.R.O. Recherche Operationnelle Operations Research - vol. II, nº 2, maio de 1977;
- Relatório da Office of Research and Development , Virginia, E.U.A., dezembro de 1972.

Estas listas foram apresentadas a um grupo de técnicos envolvidos na área de transportes urbanos que participaram posteriormente do preenchimento dos quadros de avaliação , destinados a coleta de dados.

A partir destas listas foram selecionados os critérios a serem adotados bem como os aspectos de cada um deles que seriam levados em consideração nesse estudo.

Os critérios selecionados e os aspectos considerados foram os seguintes:

1. Mobilidade e Acessibilidade

- . melhor mobilidade para o homem e veículos;
- . aumento do número e capacidade para atendimentos rápidos e eficientes em caso de emergência;
- . melhor acessibilidade ao comércio, mercado, terminais, hospitais, centro de recreação, etc.;

2. Impacto Ambiental

- . poluição do ar em termos de dispersão, precipitação , forma dos componentes da poluição, efeitos tóxicos;
- . ruído em termos de impacto sobre o uso do solo adjacente, efeitos em relação à saúde.

3. Custo de Implantação

Foram considerados os custos estimados pelo GEIPOT no PDTU - 1982 e citados no ítem 5.3 deste trabalho.

4. Estética e Impacto Visual

- . visão da artéria do ponto de vista do usuário ;
- . visão da artéria do ponto de vista de um não usuário ;
- . condição de uso do solo agradáveis, tais como: parque; play-grounds, enfim acesso a locais agradáveis;
- . condição de espaço aberto.

5. Uso do Solo

- . mudança na densidade e no tipo de uso;
- . desenvolvimento do uso do solo local..

6. Efeito na Comunidade

- . facilidade comercial, habitacional e união social;
- . crescimento da acessibilidade para diferentes atividades;
- . evolução da acessibilidade para partes diferentes da área urbana;

7. Desempenho no Transporte, no que diz respeito a:

- . diminuição do tempo e custo de viagem;
- . facilidade nas interconexões de corredores de transportes;
- . facilidades nas interconexões usuário-transporte, usuário-usuário;

8. Acesso a Oportunidade Educacional

- . aumento na taxa de educação dos habitantes da área;
- . facilidade de acesso a escolas;
- . surgimento de novas escolas;
- . aumento do padrão educativo.

9. Acessibilidade à Assistência Médica

- . aumento da taxa de atendimento médico e odontológico;
- . melhoramento das condições de saúde de cada indivíduo e da comunidade;
- . melhor atendimento às necessidades de higiene básica;

10. Economia

- . melhor atendimento do serviço público;
- . geração de novos empregos;
- . instalações de pequenas indústrias;
- . formação de comércios locais;
- . aumento do valor da terra.

5.5 - OPERACIONALIDADE DOS MODELOS

Para operacionalidade dos modelos foram elaborados:

- . formulários para coleta de dados referentes à ponderação dos projetos levando-se em conta os critérios adotados e ponderação dos próprios critérios, (anexo 1);
- . programas computacionais em linguagem BASIC para todos os modelos, objeto de estudo e adaptação do

programa em FORTRAN elaborado pelo professor CLÓVIS DIAS para aplicação do método do prof. Autran (Anexo 2).

5.5.1 - Coleta de Dados

Na coleta de dados para aplicação dos métodos CUSTO-EFICÁCIA e ELECTRE II empregou-se um mesmo tipo de formulário composto por um quadro de avaliação e um outro de pesos. O quadro de avaliação foi preenchido por cinco técnicos que labutam na área de planejamento de transportes, ocupando-se cada um deles do preenchimento de duas colunas que correspondem a dois critérios escolhidos pelos mesmos de acordo com suas áreas específicas de trabalho. O quadro de peso foi composto pelo tomador de decisão no caso o autor deste trabalho.

Para cada um dos métodos os elementos constantes dos quadros têm os seguintes significados:

CUSTO-EFICÁCIA

- . os elementos do quadro de avaliação constituem a matriz de eficácia $[e_{ij}]_{m \times n}$ onde $i=1,2,\dots,6$ e $j=1,2,\dots,10$ correspondem respectivamente aos m projetos e n critérios;
- . o quadro dos pesos constitui um vetor W_j que através da transformação $W_j / \sum_{j=1}^n W_j$ fornece o vetor u_j que corresponde aos pesos de cada objetivo (critério).

ELECTRE II

- . os elementos do quadro de avaliação constituem a matriz de avaliação onde cada coluna define o conjunto de vetores $\{Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{ij}, \dots, Y_{im}\}$ com $i = 1, 2, \dots, n$;
- . os elementos do quadro de pesos constituem o vetor $W_j = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ de pesos associados a cada um dos critérios.

As informações para aplicação do método do prof. Aultran foram obtidas mediante aplicação de dois tipos de formulários (ver anexo 1). No primeiro os projetos foram comparados dois a dois para cada um dos critérios, a exceção do critério 3 (custo de implantação) obtendo-se as matrizes de comparação direta entre projetos. No segundo, os critérios foram comparados dois a dois originando assim a matriz de comparação entre os critérios.

No preenchimento do quadro-matriz de comparação entre projetos, cada um daqueles cinco técnicos encarregou-se de fornecer informações correspondente a um par de critérios (os mesmos escolhidos anteriormente), com exceção daquele que forneceu informações referentes ao par (3,8). O preenchimento do quadro-matriz de comparação entre critérios foi feito pelo tomador de decisão, a partir de informações oriundas daqueles mesmos técnicos.

5.5.2 - Programas Computacionais

A implementação de cada um dos métodos foi obtida a

partir de seus fluxogramas correspondentes.

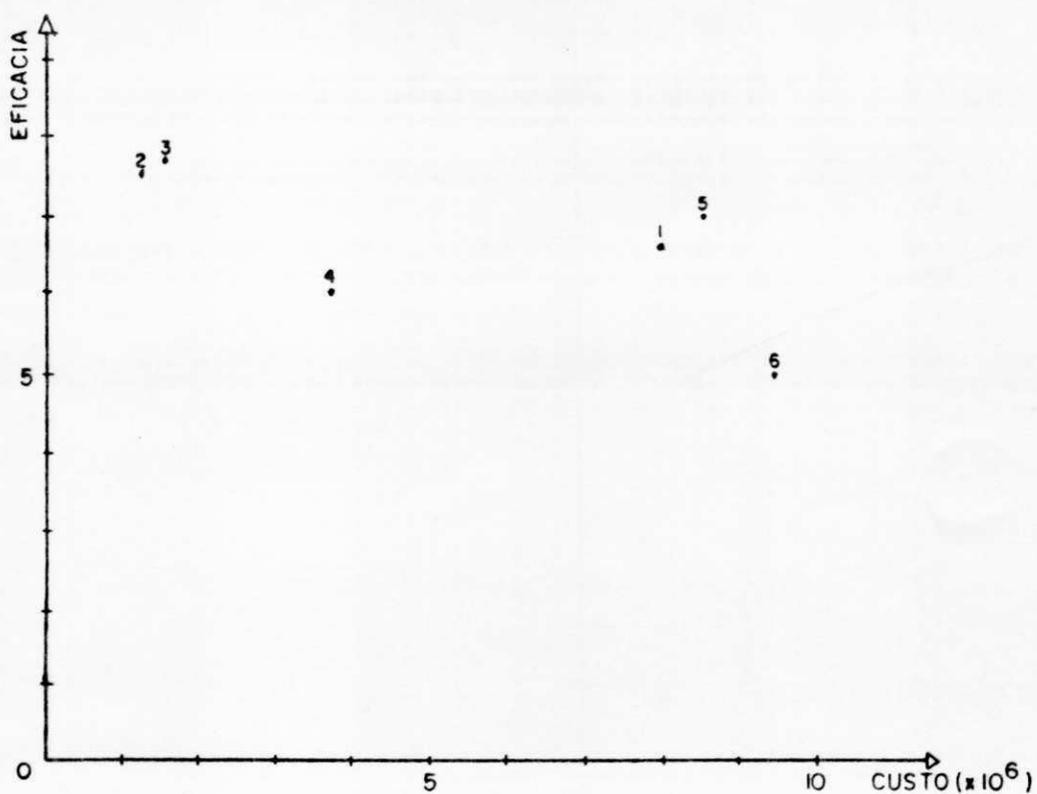
5.6 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

5.6.1 - Custo-Eficácia

Com base nos dados constantes do quadro de avaliação e de pesos encontrou-se os seguintes resultados:

projetos	1	2	3	4	5	6
eficácia	6,48	7,24	7,36	5,79	6,97	4,91

Plotando-se em um sistema de eixos cartesianos ortogonais os custos de cada projeto e as correspondentes eficácias, foi construído o gráfico custo-eficácia seguinte:



5.6.2 - ELECTRE II

O método foi aplicado a duas situações distintas. A primeira para o par de vetores (d_{1j} e d_{2j}) adotados a partir da amplitude de cada escala corresponde a cada critério j .

Critério	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_{1j}	2	3	3	1	2	2	0	1	0	2
d_{2j}	3	4	4	2	3	3	2	2	2	3

Resultando:

Matriz de Superação Forte

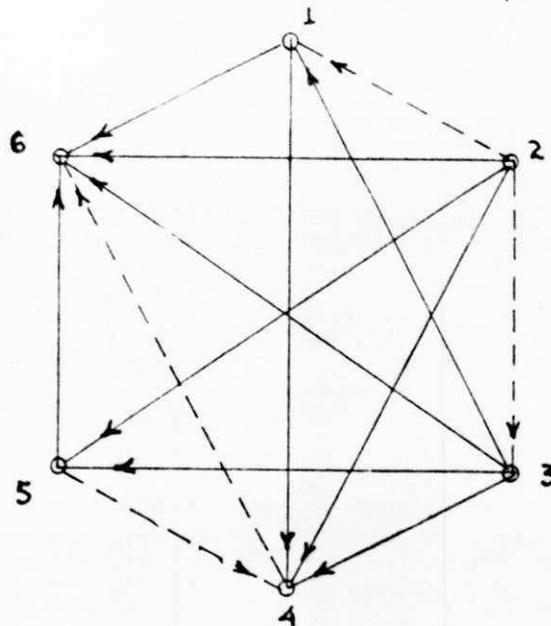
0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0

Matriz de Superação Fraca

0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0

Com base nas informações contidas naquelas matrizes foi construído o grafo de superação e processado a partir deste as classificações direta, inversa e a classificação final.

GRAFO DE SUPERAÇÃO



Classificação	Direta	Inversa	Média
	Projetos		
1º	3	2	3
2º	2	3	2
3º	1	1	1
4º	5	5	5
5º	4	4	4
6º	6	6	6

Na segunda situação modificou-se o par de vetores (d_{1j} , d_{2j}) para se processar uma análise de sensibilidade, correspondente a toda amplitude das escalas.

Critério	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_{1j}	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
d_{2j}	4	6	6	2	5	5	2	3	2	5

Obtem-se:

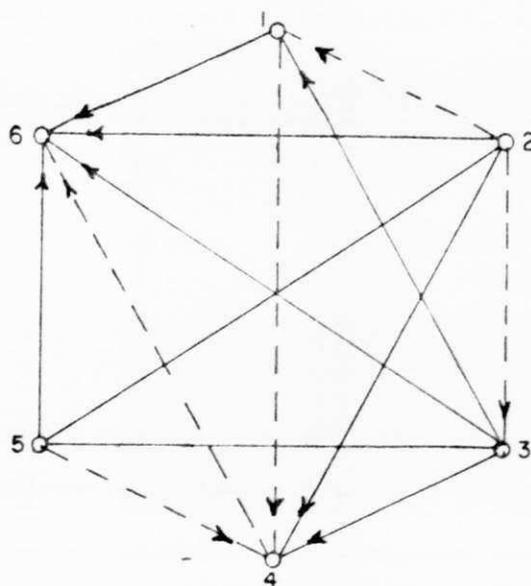
Matriz de Superação Forte

0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0

Matriz de Superação Fraca

0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0

GRAFO DE SUPERAÇÃO



Classificação	Direta	Inversa	Média
	Projetos		
1ª	3	2	3
2ª	2	3	2
3ª	1	1	1
4ª	4	5	5
5ª	5	4	4
6ª	6	6	6

Não ocorreu após a análise de sensibilidade modificação na classificação final.

5.6.3 - Método Autran

A listagem dos resultados decorrentes da implementação do método em termos computacionais foi executada em três etapas distintas, a saber:

1. partindo dos dados resultantes da comparação direta entre os projetos determinou-se as matrizes de avaliações diretas. As diversas fases do cálculo destas matrizes são apresentadas das páginas 109 a 119 .

2. a partir da matriz de comparação dos critérios foram desenvolvidos cálculos, cujas sequências aparecem nas páginas 120 a 144 objetivando a identificação do critério de referência. O resumo destes cálculos são fornecidos a seguir, onde se constata que o critério de referência é o 1, porque este critério apresentou os maiores valores para o vetor normalizado.

Critério	$\epsilon=0,3$	$\epsilon=0,4$	$\epsilon=0,5$	$\epsilon=0,6$	$\epsilon=0,7$
1	0,36	0,36	0,36	0,37	0,36
2	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
4	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
5	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
7	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
8	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
9	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
10	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

3. encontrado o critério de referência processou - se a fase denominada no método, Síntese, e, em seguida, a classificação dos projetos cujos resultados são apresentados da página 145 a 147.

5.7 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os três métodos estudados têm como objetivo fornecer ao tomador de decisão uma ordenação das ações ou selecionar a melhor ação.

No que diz respeito a seleção da melhor ação do conjunto A os métodos ELECTRE II e AUTRAN coincidem na resposta. A melhor ação é a 3 - Duplicação da AL-101 norte (trecho entre a rua Comendador Calaça e Jacarecica). Já o método CUSTO-EFICÁCIA não toma claro esta identificação, pois a decisão deverá ser entre a 2 - Prolongamento MAC-102 até a BR-316

e a 3. A primeira possui menor custo e menor eficácia que a outra, não sendo possível, só com estas variáveis proceder a escolha.

Quanto aos aspectos de ordenação das ações temos a considerar:

1. O método CUSTO-EFICÁCIA não corresponde a esta finalidade (ver gráfico da página 101, pois a disposição dos pontos plotados, de acordo com as regras apresentadas no item 3.1.4 para seleção de uma alternativa, não fornece uma base lógica para comparação).
2. O método AUTRAN fornece para cada valor de ϵ uma classificação, onde são diferentes as posições das ações 1, 2 e 5 (ver pág. 146). Porém, a partir das classificações encontradas para os 5 (cinco) valores de ϵ podemos obter a classificação média seguinte:

	1º	2º	3º	4º	5º	6º
projeto	3	5	1	2	6	4

Esta classificação diverge da encontrada através do método ELECTRE II (pág 103), só coincidindo as posições dos projetos 3 e 1. Entretanto, uma análise mais detalhada dos índices de dominância ξ encontrados (método AUTRAN) nos indica que, os índices de dominância dos projetos 1, 2 e 5 são bastante próximos, o mesmo ocorrendo com os dos projetos 4 e 6. Isto sugere que na prática os projetos 5, 1 e 2 poderiam

ocupar indistintamente qualquer uma das três posições, o mesmo ocorrendo com o 4 e 6. Logo poderíamos ter um leque de opções e entre eles a ordenação do ELECTRE II.

CRITERIO 1 - Mobilidade e Acessibilidade

MATRIZ A(I,J): Dados

1.00	0.50	0.50	2.00	0.50	2.00
2.00	1.00	2.00	3.00	1.00	3.00
2.00	0.50	1.00	3.00	1.00	2.00
0.50	0.33	0.33	1.00	0.30	0.70
2.00	1.00	1.00	3.33	1.00	2.00
0.50	0.33	0.50	1.43	0.50	1.00

Formação das Matrizes de Comparação Indireta

 $e(ii) = .3$

MATRIZ A2(I,J):

0.00	0.16	0.24	0.56	0.20	0.37
0.68	0.00	0.34	1.32	0.41	0.91
0.41	0.28	0.00	0.88	0.26	0.72
0.17	0.07	0.12	0.00	0.10	0.25
0.50	0.25	0.38	0.96	0.00	0.85
0.25	0.11	0.14	0.39	0.11	0.00

MATRIZ A3(I,J):

0.00	0.08	0.13	0.30	0.10	0.19
0.34	0.00	0.18	0.70	0.21	0.49
0.22	0.14	0.00	0.45	0.14	0.37
0.09	0.04	0.06	0.00	0.05	0.13
0.27	0.13	0.20	0.53	0.00	0.44
0.13	0.06	0.08	0.21	0.06	0.00

MATRIZ A4(I,J):

0.00	0.02	0.03	0.43	0.03	0.29
0.16	0.00	0.09	0.57	0.04	0.40
0.17	0.02	0.00	0.58	0.05	0.29
0.06	0.02	0.02	0.00	0.02	0.13
0.17	0.04	0.05	0.67	0.00	0.30
0.06	0.02	0.03	0.33	0.03	0.00

MATRIZ A5(I,J):

0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03
0.04	0.00	0.02	0.10	0.03	0.06
0.03	0.02	0.00	0.06	0.02	0.05
0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02

```

0.04  0.02  0.03  0.07  0.00  0.06
0.02  0.01  0.01  0.03  0.01  0.00

```

matriz sum(i,j): $A(i,j) + A2(i,j) + \dots + A5(i,j)$

```

1.00  0.77  0.91  3.33  0.84  2.88
3.22  1.00  2.63  5.69  1.69  4.86
2.82  0.96  1.00  4.97  1.46  3.43
0.84  0.46  0.54  1.00  0.47  1.23
2.98  1.43  1.67  5.57  1.00  3.66
0.97  0.53  0.76  2.38  0.71  1.00

```

vetor w(i,1): Soma das colunas da matriz sum (i,j)

```

9.73
19.08
14.63
4.54
16.30
6.34

```

vetor normalizado wn(i,1): Cada linha do vetor W (i,1)/Soma das linhas de W (i,1)

```

0.14
0.27
0.21
0.06
0.23
0.09

```

matriz d(i,j):

```

0.00  -0.13  -0.07  0.07  -0.09  0.05
0.13  0.00  0.06  0.21  0.04  0.18
0.07  -0.06  0.00  0.14  -0.02  0.12
-0.07  -0.21  -0.14  0.00  -0.17  -0.03
0.09  -0.04  0.02  0.17  0.00  0.14
-0.05  -0.18  -0.12  0.03  -0.14  0.00

```

VETOR vd(i,1,kk,ii):

```

-0.17
0.62
0.24
-0.61
0.38

```

1.13	0.00	0.56	2.20	0.68	1.51
0.69	0.46	0.00	1.46	0.43	1.20
0.29	0.12	0.20	0.00	0.16	0.41
0.83	0.41	0.64	1.61	0.00	1.42
0.42	0.18	0.24	0.65	0.19	0.00

MATRIZ A3(I,J):

0.00	0.23	0.35	0.84	0.28	0.54
0.95	0.00	0.49	1.96	0.58	1.36
0.60	0.40	0.00	1.25	0.38	1.04
0.26	0.11	0.16	0.00	0.15	0.37
0.75	0.36	0.57	1.48	0.00	1.23
0.37	0.16	0.21	0.58	0.16	0.00

MATRIZ A4(I,J):

0.00	0.10	0.15	1.97	0.13	1.35
0.75	0.00	0.43	2.62	0.21	1.83
0.77	0.09	0.00	2.69	0.21	1.33
0.27	0.07	0.11	0.00	0.09	0.61
0.81	0.17	0.25	3.09	0.00	1.41
0.28	0.07	0.15	1.52	0.13	0.00

MATRIZ A5(I,J):

0.00	0.08	0.13	0.31	0.11	0.20
0.33	0.00	0.18	0.74	0.22	0.48
0.21	0.15	0.00	0.46	0.14	0.37
0.09	0.04	0.06	0.00	0.06	0.14
0.27	0.13	0.21	0.57	0.00	0.47
0.14	0.06	0.07	0.22	0.06	0.00

matriz sum(i,j):

1.00	1.16	1.52	6.06	1.34	4.70
5.16	1.00	3.67	10.52	2.68	8.18
4.28	1.60	1.00	8.86	2.16	5.93
1.41	0.67	0.86	1.00	0.75	2.23
4.66	2.06	2.66	10.07	1.00	6.53
1.71	0.81	1.17	4.39	1.04	1.00

vetor w(i,1):

15.78
31.21

23.83
6.92
26.99
10.12

vetor normalizado wn(i,1):

0.14
0.27
0.21
0.06
0.24
0.09

matriz d(i,j):

0.00	-0.13	-0.07	0.08	-0.10	0.05
0.13	0.00	0.06	0.21	0.04	0.18
0.07	-0.06	0.00	0.15	-0.03	0.12
-0.08	-0.21	-0.15	0.00	-0.17	-0.03
0.10	-0.04	0.03	0.17	0.00	0.15
-0.05	-0.18	-0.12	0.03	-0.15	0.00

VETOR vd(i,1,kk,ii):

-0.18
0.63
0.24
-0.64
0.41
-0.47

e(ii)= .6

MATRIZ A2(I,J):

0.00	0.31	0.48	1.13	0.39	0.74
1.35	0.00	0.68	2.64	0.81	1.82
0.83	0.55	0.00	1.75	0.51	1.44
0.34	0.14	0.24	0.00	0.19	0.49
1.00	0.49	0.77	1.93	0.00	1.70
0.51	0.22	0.28	0.78	0.23	0.60

MATRIZ A3(I,J):

0.00	0.33	0.50	1.20	0.41	0.77
1.37	0.00	0.71	2.82	0.84	1.96
0.86	0.58	0.00	1.80	0.55	1.49
0.37	0.15	0.24	0.00	0.21	0.53
1.07	0.51	0.81	2.13	0.00	1.77
0.53	0.23	0.30	0.83	0.24	0.00

MATRIZ A4(I,J):

0.00	0.16	0.26	3.40	0.22	2.33
1.29	0.00	0.74	4.53	0.36	3.16
1.34	0.16	0.00	4.64	0.36	2.29
0.47	0.12	0.19	0.00	0.15	1.05
1.40	0.29	0.44	5.34	0.00	2.44
0.48	0.12	0.26	2.63	0.22	0.00

MATRIZ A5(I,J):

0.00	0.16	0.26	0.65	0.22	0.42
0.69	0.00	0.38	1.54	0.45	0.99
0.45	0.31	0.00	0.95	0.29	0.76
0.20	0.08	0.13	0.00	0.12	0.29
0.56	0.27	0.43	1.18	0.00	0.98
0.29	0.12	0.15	0.45	0.13	0.00

matriz sum(i,j):

1.00	1.47	1.99	8.39	1.74	6.25
6.71	1.00	4.50	14.53	3.45	10.93
5.47	2.10	1.00	12.16	2.71	7.98
1.88	0.83	1.12	1.00	0.97	3.06
6.04	2.57	3.44	13.90	1.00	8.89
2.32	1.03	1.50	6.12	1.31	1.00

vetor w(i,1):

20.84
41.12
31.42
8.87
35.84
13.27

vetor normalizado wn(i,1):

0.14

0.27
0.21
0.06
0.24
0.09

matriz d(i,j):

0.00	-0.13	-0.07	0.08	-0.10	0.05
0.13	0.00	0.06	0.21	0.03	0.18
0.07	-0.06	0.00	0.15	-0.03	0.12
-0.08	-0.21	-0.15	0.00	-0.18	-0.03
0.10	-0.03	0.03	0.18	0.00	0.15
-0.05	-0.18	-0.12	0.03	-0.15	0.00

VETOR vd(i,1,kk,ii):

-0.17
0.63
0.25
-0.65
0.42
-0.47

e(ii) = .7

MATRIZ A2(I,J):

0.00	0.36	0.55	1.32	0.46	0.86
1.58	0.00	0.79	3.08	0.95	2.12
0.96	0.64	0.00	2.05	0.60	1.68
0.40	0.17	0.27	0.00	0.22	0.57
1.17	0.57	0.89	2.25	0.00	1.98
0.59	0.26	0.33	0.90	0.26	0.00

MATRIZ A3(I,J):

0.00	0.44	0.68	1.64	0.56	1.05
1.87	0.00	0.97	3.84	1.14	2.67
1.17	0.79	0.00	2.45	0.75	2.03
0.50	0.21	0.32	0.00	0.29	0.72
1.46	0.70	1.11	2.90	0.00	2.41
0.72	0.32	0.41	1.13	0.32	0.00

MATRIZ A4(I,J):

0.00	0.26	0.41	5.40	0.35	3.69
2.05	0.00	1.17	7.19	0.58	5.02
2.12	0.26	0.00	7.37	0.58	3.64
0.75	0.19	0.30	0.00	0.24	1.87
2.22	0.46	0.65	8.47	0.00	3.87
0.77	0.20	0.41	4.17	0.35	0.00

MATRIZ A5(I,J):

0.00	0.31	0.48	1.20	0.41	0.78
1.28	0.00	0.70	2.85	0.83	1.84
0.82	0.57	0.00	1.77	0.53	1.41
0.36	0.15	0.24	0.00	0.22	0.54
1.05	0.51	0.79	2.18	0.00	1.82
0.54	0.22	0.28	0.84	0.24	0.00

matriz sum(i,j):

1.00	1.87	2.62	11.56	2.27	8.38
8.78	1.00	5.62	19.97	4.49	14.65
7.08	2.76	1.00	16.64	3.45	10.76
2.52	1.05	1.47	1.00	1.27	4.20
7.90	3.24	4.49	19.13	1.00	12.08
3.13	1.33	1.93	8.48	1.67	1.00

vetor w(i,1):

27.71
54.50
41.70
11.50
47.83
17.54

vetor normalizado wn(i,1):

0.14
0.27
0.21
0.06
0.24
0.09

matriz d(i,j):

0.00	-0.13	-0.07	0.08	-0.10	0.05
------	-------	-------	------	-------	------

0.13	0.00	0.06	0.21	0.03	0.18
0.07	-0.06	0.00	0.15	-0.03	0.12
-0.08	-0.21	-0.15	0.00	-0.18	-0.03
0.10	-0.03	0.03	0.18	0.00	0.15
-0.05	-0.18	-0.12	0.03	-0.15	0.00

VETOR vd(i,1,kk,ii):

-0.17
0.63
0.25
-0.66
0.43
-0.48

CRITERIO 3 - CUSTO DO INVESTIMENTO

vetor $w(i,1)$:

802.66
119.79
131.21
376.13
866.42
954.46

vetor normalizado $wn(i,1)$:

0.25
0.04
0.04
0.12
0.27
0.29

matriz $d(i,j)$:

0.00	0.21	0.21	0.13	-0.02	-0.05
-0.21	0.00	-0.00	-0.08	-0.23	-0.26
-0.21	0.00	0.00	-0.08	-0.23	-0.25
-0.13	0.08	0.08	0.00	-0.15	-0.18
0.02	0.23	0.23	0.15	0.00	-0.03
0.05	0.26	0.25	0.18	0.03	0.00

VETOR $vd(i,1,kk,ii)$:

0.48
-0.78
-0.76
-0.31
0.60
0.76

FILE AUTAVI L57 A1 CMS MSC/CG UFPB 731 PUT8501+ SLU312 13/11/85

A MATRIZ A(I,J) E Matriz Comparação Direta entre os Inteiros

1.00	9.00	3.00	8.00	4.00	5.00	2.00	5.00	9.00	9.00
0.11	1.00	0.25	2.00	0.50	0.70	0.80	0.70	1.00	1.00
0.23	4.00	1.00	5.00	1.00	2.00	1.00	1.50	3.00	3.00
0.13	0.50	0.20	1.00	0.50	0.75	0.50	0.75	0.70	0.70
0.25	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.50	2.00	3.00	3.00
0.20	1.43	0.50	1.33	0.50	1.00	0.50	1.00	1.50	1.50
0.50	1.25	1.00	2.00	0.67	2.00	1.00	1.50	3.00	3.00
0.20	1.43	0.67	1.33	0.50	1.00	0.67	1.00	2.00	1.50
0.11	1.00	0.33	1.43	0.33	0.67	0.33	0.50	1.00	1.00
0.11	1.00	0.33	1.43	0.33	0.67	0.33	0.67	1.00	1.00

Matrizes de Comparação Indireta

E VALE 0.3

A MATRIZ A2(I,J) E

0.00	2.20	0.81	2.15	0.89	1.78	1.20	1.62	2.55	2.46
0.05	0.00	0.13	0.35	0.13	0.27	0.14	0.24	0.39	0.33
0.12	0.74	0.00	1.05	0.38	0.66	0.44	0.65	0.96	0.93
0.04	0.27	0.11	0.00	0.09	0.19	0.11	0.17	0.32	0.31
0.11	0.78	0.28	1.05	0.00	0.57	0.32	0.50	0.87	0.83
0.05	0.39	0.15	0.55	0.17	0.00	0.19	0.27	0.46	0.44
0.08	0.82	0.26	0.98	0.31	0.52	0.00	0.50	0.79	0.77
0.06	0.45	0.15	0.62	0.19	0.34	0.20	0.00	0.48	0.49
0.04	0.25	0.09	0.33	0.12	0.21	0.13	0.20	0.00	0.20
0.04	0.26	0.10	0.34	0.12	0.21	0.14	0.19	0.31	0.00

FILE: AUSTWARI.LST A1 CYS NSC/CG UFPB R51 PUTBEC1+ SLU312 13/11/83

A MATRIX A3(I,J) EH

0.00	2.44	0.90	2.51	1.03	2.11	1.36	1.90	3.01	2.89
0.00	0.00	0.16	0.45	0.16	0.30	0.15	0.27	0.46	0.45
0.14	0.88	0.00	1.12	0.42	0.78	0.48	0.74	1.18	1.13
0.04	0.33	0.12	0.00	0.11	0.22	0.13	0.19	0.36	0.35
0.12	0.91	0.31	1.24	0.00	0.66	0.38	0.60	0.98	0.94
0.00	0.44	0.17	0.62	0.20	0.00	0.23	0.32	0.52	0.51
0.10	0.89	0.20	1.15	0.37	0.61	0.00	0.59	0.90	0.86
0.07	0.50	0.17	0.85	0.22	0.40	0.24	0.00	0.55	0.57
0.04	0.30	0.12	0.37	0.13	0.24	0.15	0.23	0.00	0.35
0.05	0.31	0.12	0.38	0.14	0.25	0.16	0.22	0.37	0.00

A MATRIX A4(I,J) EH

0.00	3.23	1.28	4.63	1.36	2.82	1.80	2.53	4.02	3.87
0.07	0.00	0.20	0.58	0.20	0.40	0.19	0.36	0.61	0.59
0.10	1.18	0.00	1.49	0.56	1.03	0.63	0.99	1.57	1.51
0.05	0.43	0.16	0.00	0.15	0.29	0.17	0.26	0.48	0.40
0.17	1.19	0.41	1.63	0.00	0.89	0.50	0.80	1.31	1.26
0.08	0.53	0.23	0.82	0.26	0.00	0.30	0.43	0.71	0.69
0.10	1.18	0.37	1.45	0.49	0.81	0.00	0.79	1.19	1.14
0.09	0.60	0.23	0.91	0.30	0.54	0.32	0.00	0.74	0.77
0.00	0.39	0.15	0.49	0.18	0.32	0.20	0.31	0.00	0.47
0.00	0.41	0.16	0.51	0.18	0.33	0.21	0.30	0.50	0.00

A MATRIX A5(I,J) EH

0.00	1.20	0.48	1.72	0.51	1.06	0.67	0.95	1.52	1.46
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

FILE AUTRANI LST A1 CMS MSC/CG UFPB R31 PUT0501+ SLU312 13/11/00

0.03	0.00	0.0E	0.21	0.08	0.15	0.07	0.14	0.23	0.22
0.07	0.43	0.00	0.55	0.21	0.39	0.23	0.37	0.59	0.57
0.02	0.16	0.0E	0.00	0.05	0.11	0.06	0.10	0.18	0.17
0.06	0.44	0.1E	0.61	0.00	0.33	0.19	0.30	0.50	0.49
0.03	0.22	0.0E	0.31	0.10	0.00	0.11	0.16	0.27	0.26
0.05	0.43	0.14	0.55	0.18	0.30	0.00	0.29	0.45	0.43
0.04	0.25	0.0E	0.34	0.11	0.20	0.12	0.00	0.28	0.29
0.02	0.15	0.0E	0.18	0.07	0.12	0.07	0.12	0.00	0.13
0.02	0.15	0.0E	0.19	0.07	0.13	0.08	0.11	0.19	0.00

A MATRIZ A6(I,J) EM

0.00	4.28	1.71	6.07	1.83	3.83	2.38	3.42	5.45	5.24
0.10	0.00	0.27	0.75	0.27	0.53	0.25	0.48	0.81	0.78
0.25	1.54	0.00	1.97	0.76	1.40	0.83	1.34	2.12	2.04
0.07	0.56	0.21	0.00	0.19	0.38	0.22	0.34	0.64	0.62
0.23	1.57	0.56	2.15	0.00	1.21	0.66	1.09	1.79	1.72
0.11	0.79	0.31	1.10	0.36	0.00	0.40	0.59	0.99	0.95
0.17	1.53	0.50	1.91	0.64	1.08	0.00	1.04	1.59	1.50
0.13	0.88	0.32	1.22	0.40	0.74	0.42	0.00	1.02	1.06
0.08	0.53	0.21	0.65	0.24	0.44	0.26	0.42	0.00	0.66
0.08	0.55	0.22	0.68	0.25	0.46	0.27	0.41	0.69	0.00

A MATRIZ A7(I,J) EM

0.00	3.58	1.44	5.06	1.54	3.25	2.00	2.89	4.62	4.46
0.08	0.00	0.23	0.62	0.22	0.45	0.21	0.40	0.68	0.66
0.21	1.29	0.00	1.64	0.64	1.19	0.69	1.14	1.79	1.72
0.06	0.46	0.17	0.00	0.16	0.32	0.18	0.29	0.54	0.52
0.19	1.22	0.47	1.80	0.00	1.03	0.55	0.92	1.52	1.47

FILE: A01411.DAT DATE: 01/01/76 TIME: 09:06 OFF: FBI POT: 801+ SLL312 13/11/85

0.10	1.87	0.28	0.32	0.31	0.00	0.03	0.51	0.85	0.82
0.15	1.33	0.41	1.57	0.54	0.91	0.09	0.87	1.34	1.29
0.11	0.74	0.27	1.00	0.34	0.63	0.35	0.00	0.87	0.91
0.07	0.44	0.18	0.15	0.20	0.38	0.22	0.36	0.00	0.55
0.07	0.46	0.18	0.57	0.21	0.39	0.23	0.35	0.59	0.00

A MATRIZ AB(I,J) EF

0.00	2.07	0.84	2.91	0.90	1.90	1.18	1.69	2.70	2.61
0.07	0.70	0.13	0.35	0.13	0.20	0.10	0.23	0.40	0.33
0.10	0.70	0.00	0.35	0.37	0.70	0.40	0.67	1.00	1.01
0.00	0.29	0.10	0.00	0.00	0.19	0.10	0.17	0.31	0.30
0.11	0.70	0.27	1.04	0.30	0.80	0.32	0.54	0.39	0.86
0.08	0.09	0.15	0.54	0.15	0.00	0.19	0.30	0.50	0.48
0.00	0.74	0.24	0.30	0.31	0.03	0.00	0.50	0.73	0.75
0.08	0.43	0.18	0.59	0.20	0.37	0.20	0.00	0.51	0.54
0.04	0.26	0.10	0.30	0.12	0.22	0.13	0.21	0.00	0.32
0.05	0.27	0.11	0.33	0.12	0.23	0.13	0.21	0.35	0.00

A MATRIZ AB(I,J) EF

0.00	0.60	0.23	0.37	0.27	0.58	0.35	0.51	0.82	0.79
0.01	0.00	0.04	0.10	0.04	0.00	0.04	0.07	0.12	0.11
0.04	0.22	0.00	0.00	0.11	0.21	0.12	0.20	0.32	0.31
0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.03	0.05	0.09	0.09
0.03	0.23	0.03	0.31	0.00	0.13	0.09	0.16	0.27	0.26
0.00	0.12	0.00	0.10	0.05	0.00	0.06	0.09	0.15	0.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.10	0.00	0.15	0.23	0.23
0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.11	0.00	0.00	0.16	0.16

FILE: SC 311 155 ... VECTORES DE PAZ 61 2014014 SUCR12 13/11/85

0.1 0.15 1.32 0.15 0.09 0.07 0.04 0.07 0.00 0.10

0.1 0.07 1.3 0.10 0.04 0.07 0.04 0.00 0.11 0.00

A MATRIZ 30X(1,3) EN

1.0 28.69 19.78 35.91 12.34 22.33 12.91 20.53 33.70 32.81

0.15 1.00 1.49 5.43 1.73 3.15 1.97 2.90 4.70 4.57

1.43 11.02 1.00 14.06 4.46 6.37 4.83 7.00 12.56 12.21

0.44 3.47 1.14 1.00 1.38 2.50 1.49 2.31 3.02 3.52

1.3 3.21 3.54 11.63 1.00 7.47 4.30 6.91 11.12 10.83

0.72 5.03 1.37 0.35 2.13 1.00 2.31 3.88 5.06 5.20

1.27 6.23 3.28 10.31 3.80 6.90 1.00 6.23 10.27 10.00

0.78 5.44 7.11 6.31 2.32 4.34 2.56 1.00 6.61 6.29

0.47 3.40 1.27 4.41 1.42 2.67 1.54 2.42 1.00 3.89

0.49 3.40 1.31 4.52 1.46 2.75 1.59 2.53 4.11 1.00

C VECTORES(1,1) EN

210.93

27.49

77.56

20.46

07.72

34.89

61.70

36.35

22.50

23.24

C VECTORES NORMALIZADOS EN(1,1) EN

FILE AUTAV1 LST A1 CYS NSC/CG UFPB RJ1 PUT88(1+ SLC312 13/11/88

0.36

0.05

0.13

0.03

0.12

0.06

0.11

0.07

0.04

0.04

E VALE 0.4

A MATRIZ A2(I,J) EM

0.00	2.64	1.06	4.20	1.19	2.37	1.60	2.17	3.40	3.23
0.07	0.00	0.18	0.47	0.18	0.36	0.18	0.32	0.52	0.51
0.16	0.59	0.00	1.39	0.51	0.89	0.59	0.86	1.27	1.24
0.05	0.36	0.14	0.00	0.13	0.25	0.15	0.23	0.43	0.41
0.15	1.74	0.37	1.39	0.00	0.76	0.42	0.67	1.16	1.11
0.07	0.53	0.19	0.73	0.23	0.00	0.26	0.36	0.61	0.58
0.11	1.09	0.34	1.30	0.42	0.69	0.00	0.66	1.06	1.02
0.08	0.66	0.20	0.82	0.25	0.45	0.26	0.00	0.63	0.66
0.05	0.34	0.13	0.44	0.16	0.27	0.18	0.27	0.00	0.39
0.05	0.35	0.12	0.45	0.16	0.28	0.18	0.26	0.42	0.00

A MATRIZ A3(I,J) EM

FILL AUTKAN1 LST A1 CMS MSC/CG UFPB R31 PUT8EC1+ SLU312 13/11/81

0.00	4.35	1.71	6.24	1.83	3.75	2.42	3.39	5.35	5.14
0.10	0.00	0.28	0.80	0.28	0.54	0.26	0.49	0.82	0.79
0.26	1.56	0.00	2.00	0.75	1.38	0.86	1.32	2.09	2.01
0.07	0.59	0.21	0.00	0.20	0.39	0.23	0.35	0.64	0.50
0.23	1.62	0.55	2.21	0.00	1.17	0.68	1.07	1.74	1.60
0.11	0.79	0.30	1.11	0.35	0.00	0.40	0.57	0.94	0.91
0.17	1.57	0.50	2.05	0.66	1.08	0.00	1.06	1.60	1.53
0.13	0.86	0.31	1.23	0.40	0.71	0.43	0.00	0.98	1.01
0.08	0.53	0.21	0.65	0.23	0.43	0.27	0.41	0.00	0.61
0.08	0.55	0.21	0.68	0.24	0.44	0.28	0.40	0.66	0.00

A MATRIZ A4(I,J) EM

0.00	7.65	3.03	10.97	3.23	6.68	4.27	6.00	9.53	9.11
0.17	0.00	0.45	1.38	0.49	0.95	0.46	0.86	1.45	1.39
0.45	2.76	0.00	3.53	1.34	2.45	1.50	2.35	3.72	3.57
0.12	1.03	0.37	0.00	0.35	0.68	0.40	0.61	1.13	1.10
0.41	2.82	0.98	3.87	0.00	2.10	1.19	1.90	3.10	2.77
0.20	1.39	0.54	1.95	0.63	0.00	0.71	1.03	1.69	1.63
0.30	2.76	0.89	3.53	1.16	1.92	0.00	1.87	2.82	2.77
0.22	1.55	0.55	2.17	0.70	1.27	0.75	0.00	1.76	1.83
0.14	0.93	0.37	1.16	0.42	0.76	0.47	0.73	0.00	1.11
0.14	0.97	0.38	1.20	0.43	0.79	0.49	0.71	1.19	0.00

A MATRIZ A5(I,J) EM

0.00	5.07	2.01	7.23	2.15	4.49	2.83	4.02	6.39	6.15
0.11	0.00	0.32	0.90	0.32	0.63	0.30	0.57	0.96	0.95
0.30	1.83	0.00	2.33	0.89	1.65	0.99	1.57	2.49	2.39
0.08	0.67	0.24	0.00	0.23	0.45	0.26	0.40	0.75	0.73

FILE AUTRAW1 LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8501+ 5LU312 13/11/77

0.27	1.87	0.65	2.56	0.00	1.41	0.78	1.27	2.09	2.07
0.13	0.93	0.36	1.30	0.42	0.00	0.47	0.69	1.15	1.11
0.20	1.82	0.59	2.30	0.76	1.27	0.00	1.23	1.86	1.81
0.15	1.03	0.37	1.44	0.47	0.86	0.49	0.00	1.19	1.23
0.09	0.62	0.25	0.77	0.28	0.51	0.31	0.49	0.00	0.75
0.10	0.64	0.25	0.80	0.29	0.53	0.23	0.48	0.80	0.80

A MATRIZ A6(I,J) EM

0.00	18.03	7.20	25.56	7.72	16.14	10.05	14.42	22.97	22.15
0.40	0.00	1.14	3.16	1.13	2.25	1.07	2.02	3.42	3.26
1.07	6.50	0.00	8.29	3.18	5.92	3.49	5.66	8.92	9.59
0.29	2.35	0.87	0.00	0.81	1.61	0.91	1.44	2.68	2.60
0.97	6.63	2.35	5.08	0.00	5.09	2.77	4.57	7.53	7.27
0.48	3.32	1.30	4.64	1.52	0.00	1.68	2.50	4.16	4.02
0.72	6.46	2.09	8.05	2.70	4.54	0.00	4.38	6.71	6.49
0.53	3.69	1.34	5.13	1.69	3.11	1.75	0.00	4.30	4.31
0.34	2.22	0.88	2.74	1.01	1.86	1.12	1.79	0.00	2.10
0.35	2.30	0.91	2.86	1.05	1.94	1.16	1.73	2.90	0.00

A MATRIZ A7(I,J) EM

0.00	20.14	8.08	28.39	8.69	18.26	11.23	16.28	25.95	25.01
0.45	0.00	1.27	3.48	1.25	2.52	1.18	2.26	3.83	3.70
1.20	7.26	0.00	9.25	3.57	6.70	3.88	6.40	10.07	9.77
0.32	2.59	0.97	0.00	0.91	1.81	1.00	1.61	3.01	2.91
1.09	7.41	2.64	10.12	0.00	5.76	3.08	5.16	8.54	8.25
0.54	3.74	1.47	5.20	1.72	0.00	1.88	2.85	4.75	4.59
0.80	7.20	2.33	8.86	3.01	5.09	0.00	4.89	7.53	7.20

FILE AUTRANI LST A1 CYS NSC/CG OFPB R31 PUTS601+ SLU012 13/11/71

0.60	4.14	1.51	5.74	1.91	3.54	1.95	0.00	4.89	5.01
0.38	2.49	1.00	3.07	1.14	2.12	1.25	2.03	0.00	3.07
0.39	2.58	1.03	3.20	1.19	2.21	1.29	1.97	3.31	0.00

A MATF12 AS(I,J) EH

0.00	15.58	6.27	21.80	6.76	14.30	8.67	12.70	20.28	19.60
0.35	0.00	0.98	2.65	0.97	1.95	0.91	1.74	2.96	2.66
0.93	5.61	0.00	7.14	2.77	5.23	2.98	5.00	7.85	7.57
0.24	1.57	0.75	0.00	0.70	1.40	0.75	1.24	2.33	2.25
0.85	5.71	2.06	7.79	0.00	4.51	2.36	4.02	6.59	6.47
0.43	2.91	1.16	4.03	1.34	0.00	1.45	2.24	3.74	3.62
0.62	5.54	1.79	6.74	2.31	3.94	0.00	3.76	5.84	5.50
0.47	3.21	1.18	4.44	1.49	2.78	1.50	0.00	3.84	4.00
0.30	1.92	0.78	2.38	0.89	1.67	0.96	1.60	0.00	2.42
0.31	2.00	0.81	2.48	0.93	1.74	1.00	1.54	2.50	0.00

A MATF12 AS(I,J) EH

0.00	6.20	2.50	8.66	2.71	5.70	3.45	5.10	8.19	7.92
0.14	0.00	0.39	1.05	0.38	0.78	0.36	0.69	1.18	1.14
0.37	2.23	0.00	2.83	1.11	2.10	1.18	2.01	3.15	3.04
0.10	0.78	0.30	0.00	0.28	0.56	0.30	0.50	0.93	0.90
0.34	2.27	0.83	3.09	0.00	1.82	0.94	1.62	2.70	2.61
0.17	1.17	0.47	1.61	0.54	0.00	0.58	0.91	1.52	1.47
0.25	2.20	0.73	2.64	0.92	1.57	0.00	1.50	2.33	2.25
0.19	1.28	0.43	1.77	0.60	1.13	0.60	0.00	1.56	1.62
0.12	0.77	0.31	0.95	0.36	0.68	0.33	0.65	0.00	0.98
0.12	0.80	0.32	1.00	0.38	0.71	0.40	0.63	1.06	0.00

A MATF12 SUM(I,J) EH

FILE AUTRANI LST A1 CMS NEC/CG UFPB R31 PUT8501+ SLC312 15/11/77

1.00	88.95	34.38	121.06	38.27	76.75	46.52	69.07	111.07	107.4
1.90	1.00	5.30	15.90	5.49	10.69	5.53	9.65	16.15	15.6
5.06	32.73	1.00	41.76	15.13	28.32	16.46	26.66	42.56	41.3
1.40	10.82	4.04	1.00	4.10	7.90	4.50	7.12	12.61	12.35
4.57	31.37	11.43	42.12	1.00	24.62	13.72	22.29	36.54	35.79
2.34	16.18	6.29	21.89	7.25	1.00	7.92	12.15	20.07	19.75
3.68	29.91	10.24	37.46	12.61	22.10	1.00	20.85	32.75	31.7
2.57	17.81	6.62	24.06	8.02	14.87	8.39	1.00	21.14	21.0
1.61	10.62	4.24	13.61	4.83	8.98	5.27	6.47	1.00	13.08
1.66	11.20	4.38	14.11	5.00	9.31	5.46	6.38	13.93	1.00

C VETOR W(1,1) EH

695.04

87.24

250.80

65.71

223.06

114.52

202.27

125.89

71.86

74.43

G VETOR NORMALIZADO WN(1,1) EH

0.36

0.05

FILE AUTFANI LST

A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT85C1+ SLC312 13/11/88

0.13

0.03

0.12

0.06

0.11

0.07

0.04

0.04

E VALE 0.5

A MATRIZ A2(I,J) EM

0.00	3.67	1.35	5.25	1.49	2.96	2.00	2.71	4.26	4.10
0.09	0.00	0.22	0.59	0.22	0.45	0.23	0.41	0.66	0.33
0.20	1.23	0.00	1.74	0.64	1.11	0.74	1.08	1.59	1.54
0.06	0.45	0.18	0.00	0.16	0.32	0.18	0.29	0.54	0.51
0.19	1.30	0.47	1.74	0.00	0.95	0.53	0.84	1.45	1.38
0.09	0.66	0.24	0.91	0.28	0.00	0.32	0.45	0.76	0.73
0.14	1.37	0.43	1.63	0.52	0.86	0.00	0.83	1.32	1.28
0.10	0.74	0.25	1.03	0.31	0.56	0.33	0.00	0.75	0.82
0.06	0.42	0.16	0.55	0.20	0.34	0.22	0.33	0.00	0.40
0.06	0.44	0.16	0.57	0.20	0.35	0.23	0.32	0.52	0.00

A MATRIZ A3(I,J) EM

0.00	6.79	2.67	9.75	2.87	5.86	3.79	5.29	8.36	8.04
0.15	0.00	0.42	1.24	0.43	0.84	0.41	0.76	1.29	1.24
0.40	2.44	0.00	3.12	1.18	2.16	1.34	2.07	3.27	3.14

FILE AUTRANI LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUTBSC1+ SLC312 13/11/66

0.11	0.92	0.33	0.00	0.31	0.60	0.36	0.54	1.00	0.00
0.35	2.53	0.86	3.45	0.00	1.84	1.06	1.67	2.72	2.62
0.17	1.23	0.47	1.73	0.55	0.00	0.63	0.89	1.47	1.42
0.27	2.46	0.79	3.20	1.03	1.69	0.00	1.65	2.49	2.49
0.20	1.38	0.48	1.93	0.62	1.11	0.67	0.00	1.52	1.58
0.12	0.82	0.32	1.02	0.37	0.66	0.42	0.64	0.00	0.06
0.13	0.85	0.33	1.07	0.38	0.69	0.43	0.62	1.03	0.00

A MATRIZ A4(I,J) EM

0.00	14.95	5.91	21.42	6.30	13.05	8.33	11.73	18.62	17.92
0.34	0.00	0.95	2.70	0.95	1.36	0.90	1.68	2.32	2.70
0.88	5.39	0.00	6.89	2.61	4.79	2.92	4.58	7.26	6.90
0.24	2.00	0.72	0.00	0.68	1.33	0.78	1.19	2.21	2.14
0.79	5.51	1.91	7.57	0.00	4.10	2.32	3.71	6.06	5.34
0.39	2.71	1.05	3.82	1.22	0.00	1.39	2.00	3.31	3.19
0.59	5.39	1.73	6.89	2.26	3.74	0.00	3.64	5.51	5.29
0.44	3.03	1.08	4.23	1.37	2.49	1.46	0.00	3.43	3.56
0.27	1.83	0.72	2.26	0.62	1.49	0.92	1.43	0.00	2.16
0.28	1.89	0.74	2.35	0.65	1.54	0.96	1.38	2.32	0.00

A MATRIZ A5(I,J) EM

0.00	15.48	6.15	22.07	6.58	13.69	8.63	12.26	19.51	13.79
0.35	0.00	0.98	2.75	0.98	1.93	0.92	1.74	2.93	2.82
0.92	5.58	0.00	7.12	2.72	5.02	3.01	4.60	7.59	7.30
0.25	2.05	0.74	0.00	0.70	1.38	0.79	1.23	2.30	2.21
0.83	5.70	2.00	7.81	0.00	4.31	2.39	3.89	6.37	6.15
0.41	2.83	1.10	3.97	1.28	0.00	1.44	2.11	3.50	3.33

FILE AUTRANI LST A1 CMS MSC/CG UFPE RJ1 PUTBEC14 SLU312 13/11/00

0.61	5.56	1.79	7.02	2.33	3.89	0.00	3.77	5.73	5.51
0.46	3.15	1.13	4.39	1.44	2.63	1.51	0.00	3.62	3.76
0.29	1.90	0.75	2.35	0.86	1.57	0.96	1.51	0.00	2.28
0.30	1.97	0.77	2.45	0.89	1.63	0.99	1.46	2.44	0.00

A MATRIZ A6(I,J) EM

0.00	55.00	21.95	78.03	23.54	49.24	30.64	43.99	70.14	67.60
1.23	0.00	3.48	9.65	3.45	6.88	3.26	6.17	10.44	10.00
3.26	19.82	0.00	25.28	9.71	18.07	10.66	17.27	27.21	26.20
0.87	7.17	2.64	0.00	2.48	4.93	2.77	4.39	8.19	7.93
2.97	20.24	7.16	27.69	0.00	15.53	8.45	13.96	22.97	22.18
1.47	10.13	3.97	14.16	4.63	0.00	5.12	7.65	12.71	12.21
2.19	19.72	6.37	24.55	6.25	13.86	0.00	13.37	20.47	19.70
1.63	11.26	4.08	15.65	5.17	9.51	5.34	0.00	13.12	13.64
1.03	6.77	2.69	8.38	3.08	5.69	3.40	5.46	0.00	8.20
1.07	7.02	2.78	8.73	3.20	5.91	3.53	5.28	8.86	0.00

A MATRIZ A7(I,J) EM

0.00	76.83	30.77	106.45	33.09	69.63	42.78	62.02	99.14	95.67
1.72	0.00	4.86	13.31	4.79	9.64	4.52	8.62	14.62	14.12
4.56	27.65	0.00	35.24	13.65	25.51	14.81	24.27	38.33	36.95
1.21	9.88	3.68	0.00	3.46	6.90	3.81	6.13	11.49	11.10
4.17	28.21	10.09	38.55	0.00	21.97	11.76	19.69	32.53	31.47
2.07	14.27	5.63	19.83	6.56	0.00	7.16	10.88	18.13	17.90
3.06	27.44	8.89	33.75	11.49	19.41	0.00	18.64	28.68	27.67
2.30	15.82	5.78	21.87	7.30	13.54	7.43	0.00	18.65	19.41
1.45	9.50	3.79	11.75	4.36	8.11	4.75	7.77	0.00	11.70
1.50	9.87	3.93	12.24	4.53	8.44	4.94	7.51	12.63	0.00

FILE AUTRANI LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8501+ SLU312 107

A MATRIZ A8(I,J) EH

0.00	74.12	29.81	104.16	32.13	68.03	41.26	60.38	96.80	93.00
1.65	0.00	4.65	12.68	4.60	9.34	4.33	8.32	14.16	13.00
4.41	26.67	0.00	33.93	13.26	24.89	14.24	23.77	37.30	36.00
1.16	9.41	3.55	0.00	3.33	6.68	3.61	5.92	11.14	10.00
4.06	27.18	5.83	37.08	0.00	21.48	11.31	15.19	21.83	20.70
2.02	13.90	5.51	19.20	6.42	0.00	6.92	10.70	17.88	17.00
2.96	26.39	8.57	32.05	11.06	18.79	0.00	17.97	27.78	25.00
2.23	15.35	5.65	21.13	7.12	13.31	7.15	0.00	18.34	19.10
1.41	9.21	3.70	11.38	4.26	7.99	4.59	7.64	0.00	10.00
1.47	9.58	3.84	11.97	4.43	8.32	4.78	7.38	12.44	0.00

A MATRIZ A9(I,J) EH

0.00	36.84	14.99	51.52	16.19	34.26	20.57	30.32	48.70	47.00
0.82	0.00	2.33	6.23	2.28	4.66	2.14	4.14	7.06	6.00
2.20	13.34	0.00	16.94	6.64	12.60	7.05	12.02	18.79	18.00
0.58	4.62	1.76	0.00	1.65	3.33	1.77	2.95	5.56	5.00
2.03	13.57	4.93	16.44	0.00	10.87	5.60	9.67	16.13	15.62
1.02	6.97	2.78	9.61	3.23	0.00	3.45	5.42	9.10	8.00
1.48	13.16	4.26	15.79	5.48	9.40	0.00	8.94	13.94	13.40
1.12	7.67	2.85	10.57	3.57	6.74	3.55	0.00	9.31	8.70
0.71	4.60	1.86	5.68	2.14	4.05	2.28	3.67	0.00	5.00
0.74	4.79	1.93	5.92	2.23	4.22	2.38	3.74	6.31	0.00

A MATRIZ SUM(I,J) EH

1.00 292.69 116.61 406.65 126.17 261.73 159.99 233.70 374.51 361.74

FILE AUTRANI LST A1 CYS MSC/CG UFPB R31 PUT2501+ SLU312 13/11/83

6.46	1.00	18.19	51.18	18.19	36.29	17.52	32.53	54.98	53.12
17.16	106.13	1.00	135.25	51.40	96.14	55.77	91.46	144.35	139.23
4.61	36.99	13.80	1.00	13.27	26.22	14.57	23.39	43.12	41.77
15.64	106.24	38.26	144.33	1.00	83.05	44.91	74.62	123.06	119.02
7.85	54.12	21.25	74.55	24.68	1.00	26.93	41.11	68.35	66.09
11.80	102.74	23.83	126.88	43.10	73.64	1.00	70.32	108.92	103.12
8.67	59.83	21.98	82.13	27.40	50.89	28.11	1.00	70.79	73.09
5.46	36.04	14.31	44.79	16.40	30.56	17.88	29.14	1.00	44.29
5.66	37.40	14.82	46.62	17.05	31.77	18.57	28.36	47.57	1.00

O VETOR W(I,1) EM

2336.80

289.44

837.94

218.74

750.14

385.54

677.34

423.89

239.50

248.82

O VETOR NORMALIZADO WN(I,1) EM

0.36

0.05

0.13

0.03

0.12

FILE AUTRANI LST A1 CMS MSC/CG UFPS MS1 PUT8101+ SLC312 13/11/78

0.06

0.11

0.07

0.04

0.04

E VALE 0.6

A-MATRIZ A2(I,J) EM

0.00	4.41	1.62	6.30	1.78	3.55	2.40	3.25	5.11	4.92
0.10	0.00	0.26	0.71	0.27	0.54	0.23	0.49	0.79	0.76
0.24	1.48	0.00	2.09	0.77	1.33	0.89	1.29	1.91	1.85
0.07	0.54	0.21	0.00	0.19	0.38	0.22	0.35	0.64	0.62
0.23	1.56	0.56	2.09	0.00	1.14	0.63	1.01	1.74	1.66
0.11	0.79	0.29	1.09	0.34	0.00	0.38	0.54	0.91	0.87
0.17	1.64	0.52	1.96	0.63	1.03	0.00	0.99	1.59	1.53
0.12	0.89	0.30	1.24	0.37	0.68	0.40	0.00	0.95	0.99
0.07	0.51	0.19	0.66	0.23	0.41	0.27	0.40	0.00	0.58
0.08	0.53	0.20	0.68	0.24	0.42	0.28	0.39	0.52	0.00

A-MATRIZ A3(I,J) EM

0.00	9.78	3.84	14.04	4.13	8.45	5.45	7.62	12.93	11.57
0.22	0.00	0.62	1.79	0.62	1.21	0.59	1.09	1.85	1.73
0.58	3.51	0.00	4.49	1.69	3.11	1.93	2.97	4.70	4.52
0.16	1.33	0.47	0.00	0.45	0.87	0.51	0.78	1.44	1.40
0.51	3.64	1.24	4.96	0.00	2.64	1.53	2.40	3.91	3.78

FILE AUTRAN1 LST AI CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8501+ SLU312 13/11/85

0.25	1.77	0.67	2.49	0.79	0.00	0.91	1.29	2.11	2.04
0.39	3.54	1.13	4.61	1.48	2.44	0.00	2.38	3.59	3.45
0.28	1.98	0.70	2.77	0.89	1.60	0.96	0.00	2.20	2.23
0.18	1.18	0.46	1.47	0.53	0.96	0.61	0.92	0.00	1.39
0.18	1.23	0.48	1.54	0.55	0.99	0.62	0.89	1.49	0.00

A MATRIZ A4(I,J) EM

0.00	25.83	10.21	37.01	10.89	22.55	14.40	20.27	32.17	30.96
0.58	0.00	1.64	4.66	1.64	3.21	1.55	2.90	4.88	4.70
1.52	9.31	0.00	11.90	4.51	8.28	5.05	7.92	12.55	12.06
0.41	3.46	1.24	0.00	1.17	2.30	1.35	2.06	3.82	3.70
1.37	9.52	3.30	13.08	0.00	7.09	4.01	6.41	10.47	10.10
0.67	4.68	1.91	6.60	2.11	0.00	2.40	3.46	5.71	5.51
1.02	9.21	2.99	11.90	3.91	6.46	0.00	6.30	9.52	9.14
0.75	5.23	1.87	7.31	2.38	4.30	2.52	0.00	5.93	6.16
0.47	3.16	1.24	3.91	1.41	2.57	1.60	2.47	0.00	3.73
0.49	3.27	1.28	4.07	1.46	2.66	1.65	2.39	4.00	0.00

A MATRIZ A5(I,J) EM

0.00	38.51	15.30	54.92	16.36	34.06	21.46	30.51	48.54	46.75
0.97	0.00	2.44	6.85	2.43	4.80	2.30	4.32	7.29	7.03
2.28	13.88	0.00	17.73	6.76	12.50	7.50	11.95	18.88	18.16
0.61	5.09	1.85	0.00	1.74	3.44	1.97	3.07	5.71	5.53
2.06	14.19	4.97	15.44	0.00	10.72	5.94	9.67	15.86	15.30
1.02	7.03	2.74	9.37	3.20	0.00	3.58	5.26	8.71	9.40
1.53	13.84	4.46	17.47	5.80	9.67	0.00	9.38	14.27	13.71
1.13	7.85	2.22	10.92	3.58	6.54	3.75	0.00	9.01	9.37
0.71	4.72	1.86	5.85	2.13	3.91	2.38	3.75	0.00	5.67

FILE AUTKANI LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8501+ SL0312 13/11/80

0.74 4.90 1.92 6.09 2.21 4.05 2.47 3.63 6.08 0.00

A MATRIZ A6(I,J) EM

0.00 136.92 54.62 194.23 58.57 122.57 76.28 109.50 174.58 168.31
 3.07 0.00 8.67 24.01 8.58 17.11 8.11 15.36 25.96 25.05
 8.11 49.32 0.00 62.92 24.15 44.94 20.50 42.95 67.74 65.23
 2.17 17.83 6.57 0.00 8.18 12.27 6.90 10.92 20.38 19.73
 7.38 50.36 17.82 68.91 0.00 38.62 21.03 24.73 57.17 55.20
 2.35 25.19 9.89 35.21 11.52 0.00 12.75 19.03 31.60 30.51
 5.44 49.05 15.85 61.11 20.54 34.46 0.00 22.26 50.92 49.02
 4.06 28.01 10.17 38.91 12.87 23.65 13.28 0.00 22.61 33.92
 2.56 16.85 6.69 20.84 7.67 14.17 8.47 13.58 0.00 20.52
 2.65 17.48 6.92 21.71 7.97 14.72 8.79 13.14 22.05 0.00

A MATRIZ A7(I,J) EM

0.00 229.63 92.02 323.59 98.92 208.15 127.90 185.39 295.98 285.66
 5.13 0.00 14.53 39.68 14.32 28.74 13.51 25.70 43.60 42.00
 12.64 82.69 0.00 105.38 40.68 76.25 44.15 72.85 114.65 110.53
 2.62 29.44 11.01 0.00 10.34 20.58 11.38 18.30 34.25 33.17
 12.47 84.33 30.10 115.24 0.00 65.62 35.06 58.79 97.24 93.97
 6.20 42.55 16.81 59.20 19.57 0.00 21.37 32.44 54.09 52.26
 9.15 82.02 26.50 100.89 34.26 57.93 0.00 55.64 85.73 82.64
 6.37 47.15 17.26 65.33 21.77 40.34 22.18 0.00 55.68 57.94
 4.33 28.21 11.34 35.01 13.03 24.18 14.21 23.16 0.00 35.01
 4.50 29.40 11.75 36.49 13.55 25.15 14.77 22.39 37.65 0.00

A MATRIZ A8(I,J) EM

FILE AUT-ANI LIST A1 CYS NSC/CG UFPB R31 PUT8501+ SLL312 13/11/73

0.00	200.01	107.13	372.38	115.45	244.54	148.21	216.93	346.31	337.77
5.93	0.00	16.81	45.30	16.50	33.36	15.55	25.72	50.59	43.88
15.85	95.81	0.00	121.95	47.35	89.40	50.85	85.35	134.13	129.45
4.17	33.59	12.74	0.00	11.95	23.85	12.97	21.17	39.79	38.51
14.57	97.58	35.13	133.18	0.00	77.04	40.40	68.76	114.28	110.33
7.27	49.64	19.72	68.77	22.55	0.00	24.75	38.19	63.98	61.85
10.62	94.75	30.63	115.11	35.45	67.27	0.00	64.29	59.72	58.21
8.02	54.83	20.22	75.78	25.43	47.53	25.57	0.00	65.67	68.38
5.06	32.87	13.28	40.64	15.28	28.52	16.47	27.28	0.00	41.28
5.27	34.19	13.79	42.38	15.92	29.70	17.13	28.37	44.44	0.00

A MATRIZ AS(I,J) EH

0.00	158.58	64.28	222.21	69.43	147.82	88.50	130.78	210.05	203.15
3.53	0.00	10.04	26.65	9.81	20.02	9.22	17.78	30.29	29.29
9.49	57.20	0.00	72.72	28.43	54.02	30.21	51.53	80.84	73.12
2.48	19.81	7.60	0.00	7.11	14.34	7.62	12.70	23.86	23.10
8.77	58.20	21.19	75.31	0.00	46.62	24.04	41.45	69.20	66.99
4.39	29.89	11.99	41.20	13.95	0.00	14.86	23.25	39.02	37.11
6.36	56.40	18.23	67.70	23.53	40.26	0.00	38.31	59.78	57.79
4.83	32.89	12.27	45.30	15.40	28.91	15.29	0.00	39.92	41.59
3.05	19.76	8.01	24.35	9.24	17.44	9.84	16.66	0.00	25.13
3.18	20.57	8.34	25.41	9.64	18.18	10.26	16.11	27.07	0.00

A MATRIZ SUM(I,J) EH

1.00	879.08	552.03	1232.65	379.53	756.49	486.59	709.25	1133.77	1094.97
19.54	1.00	55.27	151.65	54.67	109.67	51.93	58.07	166.25	160.59
52.03	317.21	1.00	404.18	155.35	291.82	168.07	278.31	438.40	422.93
13.34	111.60	41.90	1.00	35.63	78.79	43.42	70.09	130.59	126.40

FILE AUTRANI LST AI CYS NSC/CG UFPE F31 PUT8501+ SLL312 13/11/58

47.61	221.39	115.21	438.22	1.00	251.48	134.14	225.72	372.87	360.50
23.77	182.97	64.43	225.76	74.93	1.00	81.50	124.45	207.63	200.70
35.17	311.80	101.42	382.74	130.30	221.54	1.00	212.05	328.11	316.56
26.27	180.26	66.28	248.91	83.20	154.55	84.63	1.00	213.96	222.15
16.55	108.36	43.41	134.16	45.85	92.82	54.18	68.72	1.00	134.29
17.20	112.57	45.00	139.80	51.88	96.54	58.29	85.97	144.40	1.00

C VETOR W(1,1) EH

7065.39

868.68

2529.28

657.34

2267.78

1167.14

2040.68

1281.18

723.34

750.64

C VETOR NORMALIZADO WN(1,1) EH

0.37

0.04

0.13

0.03

0.12

0.06

0.11

FILE AUTRANI LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8EC1+ SLUB12 18/11

0.07

0.04

0.04

E VALE 0.7

A MATRIZ A2(I,J) EM

0.00	5.14	1.85	7.35	2.08	4.14	2.80	3.79	5.96	5.75
0.12	0.00	0.31	0.83	0.31	0.63	0.32	0.57	0.92	0.30
0.28	1.73	0.00	2.44	0.89	1.55	1.04	1.51	2.23	2.15
0.08	0.62	0.25	0.00	0.22	0.45	0.26	0.40	0.75	0.70
0.26	1.82	0.65	2.44	0.00	1.33	0.74	1.17	2.03	1.87
0.12	0.92	0.34	1.28	0.39	0.00	0.45	0.63	1.06	1.02
0.20	1.91	0.60	2.28	0.73	1.20	0.00	1.16	1.85	1.70
0.14	1.04	0.35	1.44	0.43	0.79	0.46	0.00	1.11	1.00
0.09	0.59	0.22	0.77	0.27	0.48	0.31	0.46	0.00	0.68
0.09	0.61	0.23	0.79	0.28	0.49	0.32	0.45	0.73	0.60

A MATRIZ A3(I,J) EM

0.00	13.31	5.23	15.12	5.62	11.49	7.42	10.37	16.38	15.75
0.30	0.00	0.85	2.44	0.84	1.64	0.81	1.49	2.52	2.10
0.79	4.77	0.00	6.12	2.31	4.24	2.63	4.05	6.40	5.70
0.22	1.81	0.64	0.00	0.61	1.18	0.70	1.06	1.97	1.90
0.70	4.96	1.65	6.75	0.00	3.60	2.08	3.27	5.33	5.14
0.34	2.40	0.92	3.35	1.08	0.00	1.24	1.75	2.88	2.10
0.53	4.82	1.54	6.27	2.02	3.32	0.00	3.24	4.89	4.60
0.38	2.70	0.55	3.78	1.22	2.17	1.31	0.00	2.99	3.10

FILE AUTKAN1 LST A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUTBEC1+ SLU312 13/11/77

0.24	1.61	0.63	2.01	0.72	1.30	0.82	1.25	0.00	0.00
0.25	1.67	0.65	2.09	0.74	1.35	0.85	1.21	2.02	0.00

A MATRIZ A4(I,J) EM

0.00	41.02	16.22	56.78	17.29	35.80	22.86	32.18	51.09	49.10
0.93	0.00	2.60	7.40	2.60	5.09	2.47	4.60	7.74	7.43
2.42	14.78	0.00	18.90	7.16	13.14	8.03	12.57	19.92	19.17
0.66	5.50	1.97	0.00	1.86	3.66	2.14	3.26	6.06	5.00
2.18	15.12	5.24	20.77	0.00	11.26	6.36	10.19	16.63	16.00
1.07	7.43	2.88	10.48	3.36	0.00	3.81	5.49	9.07	3.11
1.62	14.78	4.75	18.89	6.20	10.26	0.00	10.00	15.11	14.00
1.20	8.31	2.97	11.61	3.77	6.83	4.00	0.00	9.41	9.00
0.75	5.01	1.96	6.20	2.24	4.08	2.54	3.92	0.00	5.92
0.78	5.19	2.03	6.46	2.32	4.23	2.62	3.79	6.35	0.00

A MATRIZ A5(I,J) EM

0.00	83.25	33.06	116.72	35.36	73.62	46.39	65.95	104.91	101.00
1.87	0.00	5.28	14.81	5.25	10.37	4.97	5.34	15.76	15.00
4.92	30.00	0.00	38.31	14.61	27.01	16.21	25.82	40.80	39.00
1.33	11.00	4.00	0.00	3.77	7.44	4.27	6.63	12.35	11.00
4.45	30.66	10.74	42.02	0.00	23.17	12.85	20.91	34.27	33.00
2.20	15.20	5.93	21.34	6.51	0.00	7.74	11.36	18.82	18.00
3.30	29.92	5.64	37.76	12.54	20.90	0.00	20.27	30.83	29.00
2.45	16.96	6.10	23.62	7.74	14.13	8.10	0.00	19.47	19.00
1.54	10.21	4.03	12.64	4.61	8.45	5.15	6.11	0.00	12.25
1.60	10.58	4.16	13.16	4.78	8.76	5.34	7.64	13.15	0.00

A MATRIZ A6(I,J) EM

FILE AUTRANI LST A1 CMS NSC/LG UFPB R31 PUT8501+ SLC312 13/11/71

0.00	295.88	118.09	419.51	126.63	264.94	164.90	236.72	377.10	363.59
6.64	0.00	18.73	51.90	18.55	36.96	17.54	33.18	56.12	54.15
17.53	106.64	0.00	136.03	52.21	57.16	57.28	52.87	146.44	141.02
4.70	38.54	14.20	0.00	13.36	26.49	14.91	23.56	44.04	42.65
15.96	168.87	38.50	148.99	0.00	83.49	45.44	75.08	123.60	119.53
7.90	54.46	21.36	76.11	24.89	0.00	27.53	41.11	68.31	65.71
11.77	106.06	34.23	132.12	44.37	74.51	0.00	71.90	110.09	105.91
8.78	60.55	21.96	84.12	27.80	51.12	28.69	0.00	70.51	73.35
5.53	36.40	14.47	45.04	16.58	30.60	18.31	29.33	0.00	49.25
5.73	37.77	14.97	46.92	17.23	31.78	19.10	28.37	47.65	0.00

A MATRIZ A7(I,J) EH

0.00	577.95	232.23	815.87	249.63	523.89	322.30	466.62	745.72	710.57
12.95	0.00	36.56	100.15	36.05	72.54	34.01	64.86	110.05	106.25
34.31	208.71	0.00	265.82	102.72	192.45	111.43	183.87	289.05	278.69
5.14	74.33	27.70	0.00	26.02	51.92	26.64	46.14	86.46	83.17
31.40	212.81	75.95	290.51	0.00	165.82	38.49	146.40	245.38	237.12
15.65	107.41	42.33	149.44	49.33	0.00	53.89	81.88	136.55	131.92
23.04	207.01	66.86	254.60	86.47	146.24	0.00	140.45	216.37	208.58
17.32	119.02	43.48	164.91	54.90	101.86	55.93	0.00	140.54	146.26
10.93	71.46	28.54	86.38	32.76	61.02	35.77	58.43	0.00	88.38
11.35	74.23	29.57	92.11	34.11	63.46	37.17	56.49	95.06	0.00

A MATRIZ A8(I,J) EH

0.00	780.34	314.86	1096.64	339.12	716.20	434.64	635.89	1019.20	984.60
17.44	0.00	49.33	133.60	48.42	98.40	45.59	87.62	149.17	144.14
46.43	281.90	0.00	357.85	139.70	263.36	149.97	251.58	393.07	379.46

FILE AUTRANI LST A1 CMS MSC/UG OFPB R31 PJT8501+ SLC312 13/11/99

12.31	59.09	37.36	0.00	35.04	70.31	33.04	62.37	117.29	113.58
42.74	287.06	103.56	390.73	0.00	227.00	119.09	202.68	325.65	324.71
21.36	140.42	58.01	202.80	67.57	0.00	72.91	112.71	188.65	182.29
31.16	273.90	90.28	338.13	116.47	158.39	0.00	185.61	293.43	283.33
23.57	161.69	59.48	223.41	74.93	140.23	75.35	0.00	193.61	201.53
14.93	96.58	38.91	115.86	44.81	84.12	48.32	80.44	0.00	121.76
15.53	100.86	40.41	125.00	46.65	87.00	50.28	77.73	131.08	0.00

A MATRIZ AS(I,J) EM -

0.00	543.63	221.15	760.02	238.88	505.47	303.64	447.26	718.41	694.79
12.14	0.00	34.35	91.87	33.57	60.79	31.54	60.99	104.24	100.79
32.43	196.91	0.00	250.18	97.90	185.94	103.99	177.39	277.63	268.39
8.54	68.10	26.01	0.00	24.35	49.09	26.07	43.45	82.02	79.42
30.02	200.21	72.75	272.45	0.00	182.41	32.62	142.62	228.02	230.42
15.12	102.84	40.99	141.80	47.70	0.00	50.63	75.90	134.33	129.96
21.79	194.15	62.82	232.95	80.85	136.67	0.00	121.90	205.71	198.83
16.62	113.17	41.98	155.93	52.65	99.47	52.32	0.00	137.44	143.17
10.51	67.84	27.41	83.76	31.60	57.76	33.67	57.06	0.00	86.45
10.95	70.64	28.51	87.41	32.97	62.32	35.09	55.12	93.15	0.00

A MATRIZ SUM(I,J) EM

1.00	2349.52	945.763304	0.00	1013.622140	561306.951903	793047.762943	30		
52.50	1.00	148.26	405.00	146.08	295.12	156.05	263.35	447.53	432.31
135.44	849.44	1.00	1080.65	418.50	780.85	451.62	751.15	1176.56	1137.29
37.10	299.49	112.33	1.00	105.73	211.30	115.52	187.67	351.64	340.51
127.96	863.51	210.13	1176.65	1.00	677.92	359.18	606.20	1003.90	970.78
63.96	438.50	173.25	607.97	201.73	1.00	218.91	335.84	561.17	542.44

FILE AUTRAN1 157 A1 CMS NSC/CG JFPB R31 PUTSXX1+ SLC312 1571

93.92 838.80 271.731025.02 350.31 595.49 1.00 570.03 881.29 850 39
 70.64 464.66 177.94 670.15 223.99 417.60 226.83 1.00 577.09 600 14
 44.62 291.11 116.50 360.08 133.94 250.48 145.22 239.51 1.00 362 1
 46.39 302.56 120.86 375.36 139.46 260.67 151.00 231.68 350.20 1 00

O VETOR W(1,1) EH

18961.27

2329.20

6794.48

1762.28

6097.32

3144.77

5477.56

3450.24

1945.13

2019.17

O VETOR NORMALIZADO WN(1,1) EH

0.36

0.04

0.13

0.03

0.12

0.06

0.11

0.07

0.04

0.04

e(1) = .3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0.17	-0.41	0.48	0.98	0.04	-0.08	1.17	-0.01	-0.26	1.11
2	0.62	0.58	-0.78	0.41	-0.25	0.21	0.24	-0.05	0.07	0.22
3	0.24	0.75	0.76	-0.53	0.39	0.48	0.02	0.46	0.06	0.09
4	-0.61	-0.08	-0.31	0.04	0.55	-0.34	-0.88	-0.54	-0.56	-0.12
5	0.38	-0.16	0.60	-0.94	-0.29	0.33	0.23	0.17	0.79	-0.55
6	-0.46	-0.69	0.76	-0.04	-0.44	-0.59	-0.78	-0.04	-0.10	-0.74

1	2	3	4	5	6
0.74	0.60	0.82	-1.27	0.61	-1.01

3	1	5	2	6	4
0.82	0.74	0.61	0.60	-1.01	-1.27

1.00	0.92	1.04	-0.15	0.92	0.00
------	------	------	-------	------	------

e(2) = .4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0.18	-0.41	0.48	0.91	0.03	-0.09	1.11	0.00	-0.25	1.11
2	0.63	0.59	-0.78	0.31	-0.27	0.21	0.25	-0.04	0.09	0.24
3	0.24	0.77	0.76	-0.49	0.40	0.49	0.03	0.46	0.09	0.07
4	-0.63	-0.08	-0.31	0.06	0.58	-0.35	-0.89	-0.55	-0.58	-0.10
5	0.40	-0.17	0.60	-0.95	-0.29	0.34	0.28	0.18	0.76	-0.56
6	-0.47	-0.70	0.76	0.16	-0.45	-0.61	0.77	-0.04	-0.10	-0.76

1	2	3	4	5	6
0.69	0.61	0.83	-1.29	0.65	-0.23

3	1	5	2	6	4
0.83	0.69	0.65	0.61	-0.23	-1.29

1.00	0.91	1.16	-1.16	0.95	0.00
------	------	------	-------	------	------

e(3) = .5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0.18	-0.40	0.48	0.88	0.02	-0.09	1.04	0.00	-0.25	1.10
2	0.63	0.59	-0.78	0.24	-0.28	0.22	0.27	-0.04	0.11	0.27
3	0.24	0.78	0.76	-0.47	0.42	0.50	0.03	0.46	0.11	0.06
4	-0.64	-0.07	-0.31	0.08	0.60	-0.35	-0.89	-0.56	-0.60	-0.09
5	0.41	-0.18	0.60	-0.96	-0.29	0.34	0.32	0.18	0.72	-0.56
6	-0.47	-0.72	0.76	0.24	-0.47	-0.62	-0.77	-0.04	-0.09	-0.78

1	2	3	4	5	6
0.65	0.61	0.85	-1.29	0.67	-1.00

3	5	1	2	6	4
0.85	0.67	0.65	0.61	-1.00	-1.29

1.00	0.98	1.12	-0.18	1.02	0.00
------	------	------	-------	------	------

$e(4) = .6$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0.17	-0.40	0.48	0.83	0.00	-0.09	0.99	0.00	-0.24	1.09
2	0.63	0.59	-0.78	0.20	-0.29	0.23	0.28	-0.04	0.12	0.30
3	0.25	0.79	0.76	-0.45	0.43	0.51	0.04	0.46	0.13	0.05
4	-0.65	-0.07	-0.31	0.10	0.62	-0.35	-0.90	-0.58	-0.62	-0.08
5	0.42	-0.18	0.60	-0.96	-0.28	0.34	0.35	0.19	0.70	-0.57
6	-0.47	-0.73	0.76	0.30	-0.48	-0.63	-0.76	-0.04	-0.08	-0.79

1	2	3	4	5	6
0.62	0.62	0.87	-1.31	0.70	-0.99

3	5	1	2	6	4
0.87	0.70	0.62	0.62	-0.99	-1.31

1.00	1.00	1.15	-0.20	1.05	0.00
------	------	------	-------	------	------

$e(5) = .7$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-0.17	-0.40	0.48	0.80	-0.01	-0.09	0.95	0.01	1.08	-0.24

2	0.63	0.59	-0.78	0.17	-0.31	0.24	0.29	-0.03	0.32	0.14
3	0.25	0.80	0.76	-0.44	0.45	0.51	0.05	0.46	0.04	0.14
4	-0.66	-0.07	-0.31	0.10	0.64	-0.36	-0.90	-0.59	-0.07	-0.63
5	0.43	-0.19	0.60	-0.97	-0.28	0.34	0.38	0.19	-0.58	0.67
6	-0.48	-0.74	0.76	0.33	-0.49	-0.64	-0.76	-0.04	-0.80	-0.09

1	2	3	4	5	6
0.60	0.62	0.88	-1.31	0.72	-1.00

3	5	2	1	6	4
0.88	0.72	0.62	0.60	-1.00	-1.31

1.00	1.01	1.18	-0.19	1.07	0.00
------	------	------	-------	------	------

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

6.1 - CONCLUSÃO

Uma das finalidades deste trabalho foi a de apresentar métodos de avaliação de projeto, desde o mais tradicional aos mais atuais, de forma que permita aos órgãos e entidades responsáveis pelo planejamento de transportes, subsídios para tomadas de decisões pertinentes aquela área. Além disto mostrar as limitações de certos métodos principalmente da análise custo-benefício usada de forma às vezes inadequada e indiscriminadamente.

O trabalho desenvolvido mostrou a possibilidade de aplicação da análise multidimensional em programas urbanos, tendo em vista que a mesma permitirá uma avaliação das ações na área de transportes mais consistentes com os aspectos sócio-econômicos que estas ações implicariam. Isto é justificado devido as principais vantagens desta análise:

- . permite a utilização de um maior número de variáveis na avaliação de projetos;
- . reconhece o caráter subjetivo da tomada de decisão, conduzindo desta forma a uma estratificação dos efeitos que a ação acarretará;
- . permite classificar, reagrupar e reduzir dados, utilizando técnicas estatísticas;

- . permite verificar a importância relativa que cada medida irá ter em função dos meios governamentais;

No que se refere aos métodos aplicados no capítulo anterior e a luz do estudo de caso temos a considerar:

- . o método custo-eficácia não é adequado para ordenação ou seleção da melhor ação de um conjunto de M ações. Ele tem como objetivo diminuir o número destas, propiciando aos responsáveis pela decisão informações para escolha subjetiva da linha de ação que lhes pareça mais apropriada;
- . os métodos AUTRAN e ELECTRE-II forneceram resultados idênticos tanto no que se refere a indicação da melhor ação como na classificação final; ressalte-se no entanto que o segundo apresenta uma simplicidade maior tanto no que diz respeito ao aspecto de sua formulação teórica como de aplicabilidade (coleta de dados e implementação).

A primeira conclusão baseada na aplicação, reforça a través de um estudo de caso deduções feitas no Capítulo 2. Porém, a segunda, não pode ser generalizada pois, apesar de ter ficado evidenciada a simplicidade do método ELECTRE - II é provável que este método e o do AUTRAN nem sempre conduzam a resultados idênticos. Ocorrendo esta situação necessário se faz verificar quais dos resultados são consistentes; Mas a finalidade principal do trabalho não foi concluir qual dos métodos abordados é o melhor para avaliação de planos

de transportes e sim, mostrar a possibilidade de suas aplicações na resolução de problemas de tomada de decisão individual envolvendo múltiplos critérios a ações de transportes na área urbana, além de retomar a questão da tomada de decisão através de uma revisão e pesquisas bibliográficas sobre o assunto.

6.2 - SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- I - Efetuar um estudo mais amplo sobre os limites de concordância, utilidades por Jean Louis Guigou no método ELECTRE II;
- II- Utilizar os métodos ELECTRE II e AUTRAN ou outras aplicações relativas a transportes e, confrontar as conclusões com as encontradas neste texto.

ANEXO 1 - FORMULÁRIOS

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

10. CRITÉRIO: ECONOMIA

PROJETOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	2	5	6
2		1	1	1	2	6
3			1	2	1	5
4				1	2	3
5					1	1
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

9. CRITÉRIO: ACESSO A ASSISTÊNCIA MÉDICA

PROJETOS \ PROJÉTOS	1	2	3	4	5	6
1	1	0,15	1	1	0,75	0,75
2		1	1	2	0,5	2
3			1	2	1	1,5
4				1	0,13	0,5
5					1	1
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

8. CRITÉRIO: ACESSO A OPORTUNIDADE EDUCACIONAL

PROJETOS \ PROJÉTOS	1	2	3	4	5	6
1	1	1	0,8	2	0,8	1
2		1	0,7	2	0,7	1
3			1	3	1	2
4				1	0,5	0,5
5					1	1
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

7. CRITÉRIO: DESEMPENHO NO TRANSPORTE

PROJETOS \ PROJÉTOS	1	2	3	4	5	6
1	1	5	4	8	2	9
2		1	2	7	1	7
3			1	5	2	6
4				1	0,13	0,50
5					1	7
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

6. CRITÉRIO: EFEITO NA COMUNIDADE

PROJETOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6
1	1	0,8	0,5	2	0,5	2
2		1	0,7	2	0,8	3
3			1	2	1	3
4				1	0,5	2
5					1	2
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

5. CRITÉRIO: USO DO SOLO

PROJETOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6
1	1	3	0,7	0,7	1,0	1,0
2		1	0,7	0,5	1	2
3			1	0,8	2	3
4				1	2	3
5					1	1
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

4. CRITÉRIO: ESTÉTICA E IMPACTO VISUAL

PROJETOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6
1	1	5	7	4	9	3
2		1	7	5	8	4
3			1	0,13	7	0,25
4				1	8	1
5					1	0,14
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

2. CRITÉRIO: IMPACTO AMBIENTAL

PROJETOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6
1	1	0,5	0,3	0,7	0,5	2
2		1	0,7	2	3	4
3			1	2	2	4
4				1	2	2
5					1	3
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS

I. CRITÉRIO: MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE

PROJETOS \ PROJETO	1	2	3	4	5	6
1	1	0,5	0,5	2	0,5	2
2		1	2	3	1	3
3			1	3	1	2
4				1	0,3	0,7
5					1	2
6						1

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indica quantas vezes o projeto da linha i é mais (ou menos) importante que o projeto da coluna j para o critério considerado.

QUADRO DE AVALIAÇÃO

CRITÉRIOS \ PROJETOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	4	6	8	7	6	8	6	4	7
2	9	8	9	8	6	7	7	6	6	8
3	8	9	8	6	8	8	7	7	5	7
4	5	5	7	7	9	5	6	4	4	6
5	9	6	5	6	6	8	7	7	5	7
6	6	3	3	8	4	3	6	6	5	3

QUADRO DE PESOS

PESOS	10	5	8	4	9	6	8	6	5	5
-------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO DE AVALIAÇÃO:

-Preencher cada coluna com numerais de 1(um) a 9(nove), que indicam a sua preferência de um projeto em relação a outros, para o critério considerado.

INSTRUÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO DE PESOS

-Atribuir pesos de 1(um) a 10(dez), aos critérios de acordo com a sua preferência, de forma que, ao melhor critério seja dado o maior peso.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE CRITÉRIOS

CRITÉRIO \ CRITÉRIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	9	3	8	4	5	2	5	9	9
2		1	0,25	2	0,5	0,7	0,8	0,7	1	1
3			1	5	1	2	1	1,5	3	3
4				1	0,5	0,75	0,5	0,75	0,7	0,7
5					1	2	1,5	2	3	3
6						1	0,5	1	1,5	1,5
7							1	1,5	3	3
8								1	2	1,5
9									1	1
10										1

Preencher cada quadrado com um número A_{ij} de 1 a 9 (ou seus inversos), que indique quantas vezes o critério da linha i é mais (ou menos) importante que o critério da coluna j .

ANEXO 2 - PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

```
10 REM ***** REFERENCIA AO PROGRAMA *****
20 REM
30 REM ESTE PROGRAMA CALCULA A EFICACIA DE M PROJETOS
40 REM
50 REM Definicao das Variaveis de Entrada (INPUT)
60 REM M = numero de projetos
70 REM N = numeros de objetivos
80 REM E(I,J) = Matriz de Eficacia
90 REM U(J) = Vetor Utilidade
100 REM
110 REM Definicao da Variavel de Saida (OUTPUT)
120 REM EF(I) = Eficacia do Projeto I
130 REM
140 READ M,N
150 REM LEITURA DA MATRIZ DE EFICACIA
160 REM
170 FOR I = 1 TO M
180 FOR J = 1 TO N
190 READ E(I,J) : NEXT J : NEXT I
200 REM leitura do vetor utilidade
210 FOR J = 1 TO N
220 READ U(J) : NEXTJ
230 SOMA = 0
240 FOR J = 1 TO N
250 SOMA = SOMA + U(J) : NEXT J :
260 FOR J = 1 TO N
270 UPAD(J) = U(J) / SOMA : NEXT J
280 FOR I = 1 TO M
290 EF(I) = 0 : NEXT I
300 FOR I = 1 TO M
310 FOR J = 1 TO N
320 EF(I) = EF(I) + E(I,J) * UPAD(J)
330 NEXT J : NEXT I
340 LPRINT : LPRINT
350 LPRINT"projeto ";
360 FOR I=1 TO M
370 LPRINT USING"****";I;:LPRINT SPC(2)
380 NEXT I
390 LPRINT:LPRINT
400 LPRINT"eficacia";
410 FOR I = 1 TO M
420 LPRINT USING "###.##";EF(I);
430 NEXT I
440 LPRINT : LPRINT
450 REM ***** dados *****
460 REM a declaracao seguinte refere-se aos dados M,N
470 DATA 6,9
480 REM as declaracoes 490 a 540 referem-se aos dados da matriz E(I,J)
490 DATA 7,4,8,7,6,8,6,4,7
500 DATA 9,8,8,6,7,7,6,6,8
```

```
510 DATA 8,9,6,8,8,7,7,5,7
520 DATA 5,5,7,9,5,6,4,4,6
530 DATA 9,6,6,6,8,7,7,5,7
540 DATA 6,3,8,4,3,6,6,5,3
550 REM a declaracao seguinte corresponde ao INPUT U(J)
560 DATA 10,5,4,9,6,8,6,5,5
570 END
```

```

10 REM PROGRAMA PARA APLICACAO DO METODO ELECTRE II
20 REM
30 REM Este programa fornece elementos para a construcao do grafo de superacao
40 REM
50 REM DEFINICAO DAS VARIAVEIS
60 REM
70 REM ***** INPUT *****
80 REM
90 REM N.....numero de projetos, N.....numeros de criterios
100 REM C1,C2,C3.....limites de concordancia
110 REM D1(J),D2(J).....limites de discordancia
120 REM Y(I,J).....matriz de avaliacao
130 REM P(J).....vetor correspondente a ponderacao dos criterios
140 REM
150 REM ***** OUTPUT *****
160 REM
170 REM FO(I,K).....Matriz de Superacao Forte
180 REM FR(I,K).....Matriz de Superacao Fraca
190 REM SOF(I) ..... Numero de vezes que o projeto I supera fortemente outros projetos
200 REM SFR(I) ..... Numero de vezes que o projeto I supera fracamente outros projetos
210 REM CFO(I) ..... Numero de vezes que o projeto I e superado fortemente
220 REM CFR(I) ..... Numero de vezes que o projeto I e superado fracamente
230 REM
240 DIM Y(7,10),P(10),D1(10),D2(10),D(10,10,10),C(7,10)
250 DIM FR(7,7),FO(7,7),SFO(7),SFR(7),CFO(7),CFR(7)
260 READ M,N,C1,C2,C3
270 FOR I = 1 TO M
280 FOR J = 1 TO N
290 READ Y(I,J) :NEXT J:NEXT I
300 SUMPJ = 0
310 FOR J = 1 TO M
320 READ P(J),D1(J),D2(J)
330 SUMPJ = SUMPJ + P(J)
340 NEXT J
350 TESTE=0
360 FOR I = 1 TO M
370 IF I = 1 THEN L = I + 1
380 IF I > 1 THEN L = 1
390 FOR K = L TO M
400 FO(I,K)=0
410 FR(I,K)=0
420 IF (I=M AND K=M) THEN GOTO 740
430 IF K = I THEN NEXT K
440 S1 = 0
450 S2 = 0
460 S3 = 0
470 FOR J = 1 TO N
480 IF (Y(I,J) > Y(K,J)) THEN GOTO 510
490 IF (Y(I,J) < Y(K,J)) THEN GOTO 530
500 IF (Y(I,J) = Y(K,J)) THEN GOTO 560

```

```

510 S1 = S1 + P(J) :NEXT J
520 GOTO 570
530 S2 = S2 + P(J)
540 D(I,K,J) = ABS(Y(I,J) - Y(K,J))
550 NEXT J : GOTO 570
560 S3 = S3 + P(J) :NEXT J
570 IF(S2 = 0) THEN GOTO 710
580 IF(S1/S2 < 1) THEN GOTO 740
590 C(I,K) = (S1 + S3)/SUMPJ
600 IF(C(I,K) < C3) THEN GOTO 740
610 FOR J = 1 TO N
620 IF(D(I,K,J) > D2(J)) THEN GOTO 740
630 NEXT J
640 IF(C(I,K) <= C2) THEN GOTO 730
650 IF(C(I,K) >= C1 ) THEN GOTO 710
660 FOR J=1 TO N
670 IF(D(I,K,J) <= D1(J))THEN GOTO 690
680 TESTE=1
690 NEXT J
700 IF (TESTE=1) THEN GO TO 730
710 FO(I,K) = 1
720 GO TO 740
730 FR(I,K) = 1
740 NEXT K : NEXT I
750 FOR I= 1 TO M
760 SFO(I) = 0 : SFR(I) = 0 :CFD(I)=0:CFR(I)=0
770 FOR K =1 TO M
780 SFO(I) = SFO(I)+ FO(I,K)
790 SFR(I) = SFR(I) + FR(I,K):NEXT K:NEXT I
800 FOR I=1 TO M
810 FOR K=1 TO M
820 CFD(I) = CFD(I) + FO(K,I)
830 CFR(I) = CFR(I) + FR(K,I)
840 NEXT K : NEXT I
850 LPRINT "MATRIZ DE SUPERACAO FORTE":LPRINT
860 FOR I = 1 TO M: FOR K = 1 TO M
870 PRINT USING"###";FO(I,K);
880 LPRINT USING"###";FO(I,K);
890 NEXT K :PRINT:LPRINT: NEXT I :PRINT :PRINT:LPRINT:LPRINT
900 PRINT "MATRIZ DE SUPERACAO FRACA":PRINT
910 LPRINT "MATRIZ DE SUPERACAO FRACA":LPRINT
920 FOR I = 1 TO M : FOR K = 1 TO M
930 PRINT USING"###";FR(I,K);
940 LPRINT USING"###";FR(I,K);
950 NEXT K : PRINT :LPRINT:NEXT I : PRINT : PRINT:LPRINT:LPRINT
960 FOR I = 1 TO M
970 SSFO(I) = SFO(I) : NEXT I
980 FOR I = 1 TO M - 1
990 FOR K = I + 1 TO M

```

```
1000 IF(SSFO(I) >= SSFO(K)) THEN GOTO 1040
1010 L = SSFO(I)
1020 SSFO(I)=SSFO(K)
1030 SSFO(K) = L
1040 NEXT K : NEXT I
1050 FOR I=1 TO M
1060 PRINT I,SFO(I),SFR(I),CFO(I),CFR(I)
1070 LPRINT I,SFO(I),SFR(I),CFO(I),CFR(I)
1080 NEXT I:PRINT :PRINT:LPRINT:LPRINT
1090 REM ***** DADOS *****
1100 REM
1110 REM primeira declaracao DATA N,M,C1,C2,C3
1120 REM
1130 REM em seguida introduzir os elementos da matriz de avaliacao.
1140 REM Cada declaracao (DATA) correspondendo aos dados de um projeto
1150 REM (declaracoes de 1180 a 1230 ) para os criterios de 1 a M.
1160 REM
1170 REM em seguida introduzir os valores de P(J),D2(j),D1(j),para cada um dos criterios de 1 a M.
1180 REM
1190 DATA 6,10,.75,.66,.60
1200 DATA 7,4,6,8,7,6,8,6,4,7
1210 DATA 9,8,9,8,6,7,7,6,6,8
1220 DATA 8,9,8,6,8,8,7,7,5,7
1230 DATA 5,5,7,7,9,5,6,4,4,6
1240 DATA 9,6,5,6,6,8,7,7,5,7
1250 DATA 6,3,3,8,4,3,6,6,5,3
1260 DATA 10,2,3
1270 DATA 5,3,4
1280 DATA 8,3,4
1290 DATA 4,1,2
1300 DATA 9,2,3
1310 DATA 6,2,3
1320 DATA 8,0,2
1330 DATA 6,1,2
1340 DATA 5,0,2
1350 DATA 5,2,3
1360 END
```

```

10 REM *** PROGRAMA AUTRAN-1 ***
20 REM
30 REM O programa determina os elementos da matriz de valoracao
40 REM
50 REM ***** INPUT *****
60 REM
70 REM   N ..... Numero de Projetos
80 REM   M ..... Numero de Criterios
90 REM   C ..... Constante que determina se os procedimentos de calculo se referem a valoracao de projetos sob,
100 REM criterios quantitativos , qualitativos ou valoracao de criterios.
110 REM
120 REM   C = 2 -----> criterio quantitativo , W(i,1) = Vetor Custo
130 REM   C diferente de 1 e C diferente de 2 -----> criterio qualitativo
140 REM   A(I,J)= Matriz de Comparacao Direta entre pares de projetos
150 REM   C = 1 -----> valoracao de criterios
160 REM   A(I,J) = Matriz de Comparacao Direta entre Criterios
170 REM
180 REM ***** OUTPUT *****
190 REM
200 REM   A(I,J)= Matriz de Comparacao Direta entre pares de projetos ou entre pares de criterios
210 REM   A2(I,J),A3(I,J),... representam as matrizes de comparacao indiretas
220 REM   e(ii) = fator de desconto que amortece a importancia das comparacoes indiretas
230 REM   matriz sum(i,j) = A(I,J)+A2(I,J)+A3(I,J)+...
240 REM   vetor w(i,1) : soma das colunas da matriz sum(i,j)
250 REM   vetor normalizado wn(i,1) : Vetor w(i,1) normalizado
260 REM   matriz d(i,j) :Matriz correspondente a cada criterio cujos elementos sao : wn(i,1) - wn(j,1)
270 REM   VETOR vd(i,1,kk,ii) : vetor igual a soma das colunas da matriz d(i,j)
280 DIM A(10,10),A2(10,10),A3(10,10),A4(10,10),A5(10,10),A6(10,10)
290 DIM VD(10,1,10,10)
300 KK=1
310 ON KK GOTO 320,340,360,380,400,420,440,460,480
320 LPRINT "CRITERIO 1 - Mobilidade e Acessibilidade":LPRINT
330 GO TO 490
340 LPRINT"CRITERIO 2 - Impacto Ambiental":LPRINT
350 GO TO 490
360 LPRINT"CRITERIO 4 - Estetica e Impacto Visual":LPRINT
370 GO TO 490
380 LPRINT"CRITERIO 5 - Uso do Solo":LPRINT
390 GO TO 490
400 LPRINT"CRITERIO 6 - Efeito na Comunidade":LPRINT
410 GO TO 490
420 LPRINT"CRITERIO 7 - Desempenho no Transporte":LPRINT
430 GO TO 490
440 LPRINT"CRITERIO 8 - Acesso a Oportunidade Educacional":LPRINT
450 GO TO 490
460 LPRINT"CRITERIO 9 - Acesso a Assistencia Medica":LPRINT
470 GO TO 490
480 LPRINT"CRITERIO 10 - Economia":LPRINT
490 C=0 : N=6 : II=1 : E(II)=.3
500 IF (C=2) THEN GO TO 520

```

```

510 GO TO 550
520 FOR I = 1 TO N
530 READ W(I,1) : NEXT I
540 GOTO 1000
550 FOR I = 1 TO N
560 A(I,1)=1
570 IF(I=N)THEN GO TO 620
580 FOR J = I+1 TO N
590 READ A(I,J)
600 A(J,I) = 1/A(I,J)
610 NEXT J
620 NEXT I
630 LPRINT " MATRIZ A(I,J): ":LPRINT
640 FOR I=1 TO N
650 FOR J=1 TO N
660 LPRINT USING"####.##";A(I,J);
670 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
680 LPRINT "e(ii)=";E(II): LPRINT: LPRINT
690 FOR I = 1 TO N
700 FOR J = 1 TO N
710 S=0:A2(I,J)=0:A3(I,J)=0:A4(I,J)=0:A5(I,J)=0:A6(I,J)=0
720 SUM(I,J)=0:W(I,1)=0:WN(I,1)=0:D(I,J)=0:NEXT J:NEXT I
730 IF(N=2)THEN GO TO 910
740 GOSUB 1450
750 IF(N = 3) THEN GO TO 910
760 GOSUB 1610
770 IF(N = 4) THEN GO TO 910
780 GOSUB 1800
790 IF(N = 5) THEN GO TO 910
800 GOSUB 2020
810 IF(N = 6) THEN GO TO 910
820 GOSUB 2270
830 IF (N=7) THEN GOTO 910
840 GOSUB 2550
850 IF (N=8) THEN GOTO 910
860 GOSUB 2860
870 IF (N=9) THEN GOTO 910
880 GOSUB 3200
890 IF (N=10) THEN GOTO 910
900 GOSUB 3560
910 FOR I = 1 TO N
920 FOR J = 1 TO N
930 SUM(I,J) = A(I,J)+A2(I,J)+A3(I,J)+A4(I,J)+A5(I,J)+A6(I,J)
940 NEXT J:NEXT I
950 LPRINT "matriz sum(i,j)":LPRINT
960 FOR I = 1 TO N
970 FOR J = 1 TO N
980 LPRINT USING "####.##";SUM(I,J);
990 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
1000 FOR I = 1 TO N
1010 FOR J = 1 TO N

```

```
1020 W(I,1)= W(I,1)+SUM(I,J)
1030 NEXT J : NEXT I
1040 LPRINT "vetor w(i,1)":LPRINT
1050 FOR I = 1 TO N
1060 LPRINT USING "####.##";W(I,1)
1070 NEXT:LPRINT:LPRINT
1080 FOR I = 1 TO N
1090 S= S+W(I,1)
1100 NEXT I
1110 FOR I = 1 TO N
1120 WN(I,1) =W(I,1)/S
1130 NEXT I
1140 LPRINT "vetor normalizado wn(i,1)":LPRINT
1150 FOR I = 1 TO N
1160 LPRINT USING "####.##";WN(I,1)
1170 NEXT I:LPRINT:LPRINT
1180 IF(C=1) THEN GO TO 1350
1190 FOR I = 1 TO N
1200 FOR J = 1 TO N
1210 D(I,J) = WN(I,1)-WN(J,1)
1220 VD(I,1,KK,II)=VD(I,1,KK,II)+D(I,J)
1230 NEXT J:NEXT I
1240 LPRINT "matriz d(i,j)":LPRINT
1250 FOR I = 1 TO N
1260 FOR J = 1 TO N
1270 LPRINT USING "####.##";D(I,J);
1280 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
1290 LPRINT "VETOR vd(i,1,kk,ii)":LPRINT
1300 FOR I = 1 TO N
1310 LPRINT USING "####.##";VD(I,1,KK,II)
1320 NEXT I:LPRINT:LPRINT
1330 IF(C=2) THEN GO TO 1440
1340 II=II +1
1350 E(II)=E(II-1)+.1
1360 IF(E(II)<=.71) THEN 680
1370 KK = KK + 1
1380 IF(KK<=10) THEN GOTO 310
1390 FOR II= 1 TO 5
1400 FOR I = 1 TO N
1410 FOR KK 1 TO 10
1420 LPRINT USING "###.##";VD(I,1,KK,II);
1430 NEXT KK:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT:NEXT II
1440 END
1450 'subrotina cdias2(a,n,ea2)
1460 FOR I = 1 TO N
1470 FOR J = 1 TO N
1480 IF(J=I) THEN GO TO 1530
1490 FOR K = 1 TO N
1500 IF((K=I) OR (K=J))THEN GO TO 1520
1510 A2(I,J)=A2(I,J)+(A(I,K)*A(K,J))/(N-2)*E(II)
1520 NEXT K
```

```
1530 NEXT J
1540 NEXT I
1550 LPRINT "MATRIZ A2(I,J):":LPRINT
1560 FOR I=1 TO N
1570 FOR J=1 TO N
1580 LPRINT USING"####.##";A2(I,J);
1590 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
1600 RETURN
1610 'subrotina cdias3(a,n,e,a3)
1620 FOR I = 1 TO N
1630 FOR J = 1 TO N
1640 IF(J=I) THEN GO TO 1720
1650 FOR K = 1 TO N
1660 IF((K=I) OR (K=J)) THEN GO TO 1710
1670 FOR L = 1 TO N
1680 IF((L=J) OR (L=K) OR (L=I)) THEN GO TO 1700
1690 A3(I,J)=A3(I,J)+(A(I,K)*A(K,L)*A(L,J))/(2*N-5)*(E(II)^2)
1700 NEXT L
1710 NEXT K
1720 NEXT J
1730 NEXT I
1740 LPRINT "MATRIZ A3(I,J):":LPRINT
1750 FOR I=1 TO N
1760 FOR J=1 TO N
1770 LPRINT USING"####.##";A3(I,J);
1780 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
1790 RETURN
1800 'subrotina cdias4(a,n,e,a4)
1810 FOR I = 1 TO N
1820 FOR J = 1 TO N
1830 IF(J=I) THEN GO TO 1940
1840 FOR K = 1 TO N
1850 IF((K=I) OR (K=J)) THEN GO TO 1930
1860 FOR L = 1 TO N
1870 IF((L=J) OR (L=K) OR (L=I)) THEN GO TO 1920
1880 FOR M = 1 TO N
1890 IF((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GO TO 1910
1900 A4(I,J)=A4(I,J)+(A(I,J)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,J))/(3*N-9)*(E(II)^3)
1910 NEXT M
1920 NEXT L
1930 NEXT K
1940 NEXT J
1950 NEXT I
1960 LPRINT "MATRIZ A4(I,J):":LPRINT
1970 FOR I=1 TO N
1980 FOR J=1 TO N
1990 LPRINT USING"####.##";A4(I,J);
2000 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
2010 RETURN
2020 'subrotina cdias5(a,n,e,a5)
2030 FOR I = 1 TO N
```

```

2040 FOR J = 1 TO N
2050 IF(J=I) THEN GO TO 2190
2060 FOR K = 1 TO N
2070 IF((K=I) OR (K=J)) THEN GO TO 2180
2080 FOR L = 1 TO N
2090 IF((L=J) OR (L=K) OR (L=I)) THEN GO TO 2170
2100 FOR M = 1 TO N
2110 IF((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GO TO 2160
2120 FOR NN = 1 TO N
2130 IF((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GO TO 2150
2140 A5(I,J)=A5(I,J)+(A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,J))/(4*N-14)*(E(II)^4)
2150 NEXT NN
2160 NEXT M
2170 NEXT L
2180 NEXT K
2190 NEXT J
2200 NEXT I
2210 LPRINT "MATRIZ A5(I,J):";LPRINT
2220 FOR I=1 TO N
2230 FOR J=1 TO N
2240 LPRINT USING"####.##";A5(I,J);
2250 NEXT J;LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
2260 RETURN
2270 'subrotina cdias6(a,n,e,a6)
2280 FOR I = 1 TO N
2290 FOR J = 1 TO N
2300 IF(J=I) THEN GO TO 2470
2310 FOR K = 1 TO N
2320 IF((K=I) OR (K=J)) THEN GO TO 2460
2330 FOR L = 1 TO N
2340 IF((L=J) OR (L=K) OR (L=I)) THEN GO TO 2450
2350 FOR M = 1 TO N
2360 IF((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GO TO 2440
2370 FOR NN = 1 TO N
2380 IF((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GO TO 2430
2390 FOR O = 1 TO N
2400 IF((O=I) OR (O=J) OR (O=K) OR (O=L) OR (O=M) OR (O=NN)) THEN GO TO 2420
2410 A6(I,J)=A6(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,O)*A(O,J)/(5*N-20)*(E(II)^5)
2420 NEXT O
2430 NEXT NN
2440 NEXT M
2450 NEXT L
2460 NEXT K
2470 NEXT J
2480 NEXT I
2490 LPRINT "MATRIZ A6(I,J):";LPRINT
2500 FOR I=1 TO N
2510 FOR J=1 TO N
2520 LPRINT USING"####.##";A6(I,J);
2530 NEXT J;LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
2540 RETURN
2550 'subrotina cdias7(a,n,e,a7)

```

```

2560 FOR I = 1 TO N
2570 FOR J = 1 TO N
2580 IF (I=J) THEN GOTO 2780
2590 FOR K = 1 TO N
2600 IF ((K=I) OR (K=J)) THEN GOTO 2770
2610 FOR L = 1 TO N
2620 IF ((L=I) OR (L=J) OR (L=K)) THEN GOTO 2760
2630 FOR M = 1 TO N
2640 IF ((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GOTO 2750
2650 FOR NN = 1 TO N
2660 IF ((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GOTO 2740
2670 FOR O = 1 TO N
2680 IF ((O=I) OR (O=J) OR (O=K) OR (O=L) OR (O=M) OR (O=NN)) THEN GOTO 2730
2690 FOR P = 1 TO N
2700 IF ((P=I) OR (P=J) OR (P=K) OR (P=L) OR (P=M) OR (P=NN) OR (P=O)) THEN GOTO 2720
2710 A7(I,J)=A7(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,O)*A(O,P)*A(P,J)/(6*N-27)*(E(II)^6)
2720 NEXT P
2730 NEXT O
2740 NEXT NN
2750 NEXT M
2760 NEXT L
2770 NEXT K
2780 NEXT J
2790 NEXT I
2800 LPRINT "MATRIZ A7(I,J):":LPRINT
2810 FOR I = 1 TO N
2820 FOR J = 1 TO N
2830 LPRINT USING"####.##";A7(I,J);
2840 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
2850 RETURN
2860 'subrotina cdias8(a,n,e,a8)
2870 FOR I = 1 TO N
2880 FOR J = 1 TO N
2890 IF (I=J) THEN GOTO 3120
2900 FOR K = 1 TO N
2910 IF ((K=I) OR (K=J)) THEN GOTO 3110
2920 FOR L = 1 TO N
2930 IF ((L=I) OR (L=J) OR (L=K)) THEN GOTO 3100
2940 FOR M = 1 TO N
2950 IF ((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GOTO 3090
2960 FOR NN = 1 TO N
2970 IF ((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GOTO 3080
2980 FOR O = 1 TO N
2990 IF ((O=I) OR (O=J) OR (O=K) OR (O=L) OR (O=M) OR (O=NN)) THEN GOTO 3070
3000 FOR P = 1 TO N
3010 IF ((P=I) OR (P=J) OR (P=K) OR (P=L) OR (P=M) OR (P=NN) OR (P=O)) THEN GOTO 3060
3020 FOR Q = 1 TO N
3030 IF ((Q=I) OR (Q=J) OR (Q=K) OR (Q=L) OR (Q=M) OR (Q=NN) OR (Q=O) OR (Q=P)) THEN GOTO 3050
3040 A8(I,J)=A8(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,O)*A(O,P)*A(P,Q)*A(Q,J)/(7*N-35)*(E(II)^7)
3050 NEXT Q
3060 NEXT P

```

```

3070 NEXT O
3080 NEXT NN
3090 NEXT M
3100 NEXT L
3110 NEXT K
3120 NEXT J
3130 NEXT I
3140 LPRINT "MATRIZ AB(I,J):":LPRINT
3150 FOR I = 1 TO N
3160 FOR J = 1 TO N
3170 LPRINT USING"####.##";AB(I,J);
3180 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
3190 RETURN
3200 'subrotina cdias 9(a,n,e,a9)
3210 FOR J = 1 TO N
3220 IF (I=J) THEN GOTO 3480
3230 FOR K = 1 TO N
3240 IF ((K=I) OR (K=J)) THEN GOTO 3470
3250 FOR L = 1 TO N
3260 IF ((L=I) OR (L=J) OR (L=K)) THEN GOTO 3460
3270 FOR M = 1 TO N
3280 IF ((M=I) OR (L=J) OR (L=K) OR (L=M)) THEN GOTO 3450
3290 FOR NN = 1 TO N
3300 IF ((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GOTO 3440
3310 FOR O = 1 TO N
3320 IF ((O=I) OR (O=J) OR (O=K) OR (O=L) OR (O=M) OR (O=NN)) THEN GOTO 3430
3330 FOR P = 1 TO N
3340 IF ((P=I) OR (P=J) OR (P=K) OR (P=L) OR (P=M) OR (P=NN) OR (P=O)) THEN GOTO 3420
3350 FOR Q = 1 TO N
3360 IF ((Q=I) OR (Q=J) OR (Q=K) OR (Q=L) OR (Q=M) OR (Q=NN) OR (Q=O) OR (Q=P)) THEN GOTO 3410
3370 FOR R = 1 TO N
3380 IF ((R=I) OR (R=J) OR (R=K) OR (R=L) OR (R=M) OR (R=NN) (R=O) OR (R=P) OR (R=Q)) THEN GOTO 3400
3390 A9(I,J)=A9(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,O)*A(O,P)*A(P,Q)*A(Q,R)*A(R,J)/(8*N-44)*(E(II)^8)
3400 NEXT R
3410 NEXT Q
3420 NEXT P
3430 NEXT O
3440 NEXT NN
3450 NEXT M
3460 NEXT L
3470 NEXT K
3480 NEXT J
3490 NEXT I
3500 LPRINT "MATRIZ A9:":LPRINT
3510 FOR I = 1 TO N
3520 FOR J = 1 TO N
3530 LPRINT USING"####.##";A9(I,J);
3540 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
3550 RETURN
3560 'subrotina cdias 10(a,n,e,a10)
3570 FOR I = 1 TO N

```

```

3580 FOR J = 1 TO N
3590 IF (I=J) THEN GOTO 3880
3600 FOR K = 1 TO N
3610 IF ((K=I) OR (K=J)) THEN GOTO 3870
3620 FOR L = 1 TO N
3630 IF ((L=I) OR (L=J) OR (L=K)) THEN GOTO 3860
3640 FOR M = 1 TO N
3650 IF ((M=I) OR (M=J) OR (M=K) OR (M=L)) THEN GOTO 3850
3660 FOR NN = 1 TO N
3670 IF ((NN=I) OR (NN=J) OR (NN=K) OR (NN=L) OR (NN=M)) THEN GOTO 3840
3680 FOR O = 1 TO N
3690 IF ((O=I) OR (O=J) OR (O=K) OR (O=L) OR (O=M) OR (O=NN)) THEN GOTO 3830
3700 FOR P = 1 TO N
3710 IF ((P=I) OR (P=J) OR (P=K) OR (P=L) OR (P=M) OR (P=NN) OR (P=O)) THEN GOTO 3820
3720 FOR Q = 1 TO N
3730 IF ((Q=I) OR (Q=J) OR (Q=K) OR (Q=L) OR (Q=M) OR (Q=NN) OR (Q=O) OR (Q=P)) THEN GOTO 3810
3740 FOR R = 1 TO N
3750 IF ((R=I) OR (R=J) OR (R=K) OR (R=L) OR (R=M) OR (R=NN) OR (R=O) OR (R=P) OR (R=Q)) THEN GOTO 3800
3760 FOR S = 1 TO N
3770 IF ((S=I) OR (S=J) OR (S=K) OR (S=L) OR (S=M) OR (S=NN) OR (S=O) OR (S=P) OR (S=Q) OR (S=R)) THEN GOTO 3790
3780 A10(I,J)=A10(I,J)+A(I,K)*A(K,L)+A(L,M)+A(M,NN)+A(NN,O)+A(O,P)+A(P,Q)+A(Q,R)+A(R,S)+A(S,J)/(9*N-54)+(E(I))^9
3790 NEXT S
3800 NEXT R
3810 NEXT Q
3820 NEXT P
3830 NEXT O
3840 NEXT NN
3850 NEXT M
3860 NEXT L
3870 NEXT K
3880 NEXT J
3890 NEXT I
3900 LPRINT "MATRIZ A10(I,J):";LPRINT
3910 FOR I = 1 TO N
3920 FOR J = 1 TO N
3930 LPRINT USING"####.##";A10(I,J);
3940 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
3950 RETURN
3960 END
3970 REM CRITERIO 1 - Mobilidade e Acessibilidade
3980 DATA .5,.5,2,.5,2
3990 DATA 2,3,1,3
4000 DATA 3,1,2
4010 DATA .3,.7
4020 DATA 2
4030 REM CRITERIO 2 - Impacto Ambiental
4040 DATA .5,.3,.7,.5,2
4050 DATA .7,2,3,4
4060 DATA 2,2,4
4070 DATA 2,2
4080 DATA 3

```

4090 REM CRITERIO 4 - Estetica e Impacto Visual
4100 DATA 5,7,4,9,3
4110 DATA 7,5,8,4
4120 DATA .125,7,.35
4130 DATA 8,1
4140 DATA .14
4150 REM CRITERIO 5 - Uso do Solo
4160 DATA 3,,7,,7,1,1
4170 DATA .7,,5,1,2
4180 DATA .8,2,3
4190 DATA 2,3
4200 DATA 1
4210 REM CRITERIO 6 - Efeito na Comunidade
4220 DATA .8,.5,2,.5,2
4230 DATA .7,2,.8,3
4240 DATA 2,1,3
4250 DATA .5,2
4260 DATA 2
4270 REM CRITERIO 7 - Desempenho no Transporte
4280 DATA 5,4,8,2,9
4290 DATA 2,7,1,7
4300 DATA 5,2,6
4310 DATA .125,.5
4320 DATA 7
4330 REM CRITERIO 8 - Acesso a Oportunidade Educacional
4340 DATA 1,.8,2,.8,1
4350 DATA .7,2,.7,1
4360 DATA 3,1,2
4370 DATA .5,.5
4380 DATA 1
4390 REM CRITERIO 9 - Acesso a Assistencia Medica
4400 DATA .75,1,1,.75,.75
4410 DATA 1,2,.5,2
4420 DATA 2,1,1,5
4430 DATA .125,.5
4440 DATA 1
4450 REM CRITERIO 10 - Economia
4460 DATA 2,3,2,5,6
4470 DATA 1,1,2,6
4480 DATA 2,1,5
4490 DATA 2,3
4500 DATA 1

```

10 REM *** PROGRAMA AUTRAN-3 ***
20 REM O programa determina os elementos correspondente a etapa do Metodo denominada "SINTESE"
30 REM
40 REM ***** INPUT *****
50 REM
60 REM   CR(I,1) ..... vetor coluna da matriz de comparacao entre criterios correspondente ao Criterio
70 REM de Referencia
80 REM   A(I,J) ..... matriz formada pelos vd , onde cada linha correspondem aos vd de um criterio.
90 REM Cada matriz corresponde a um valor de e(ii).
100 REM
110 REM ***** OUTPUT *****
120 REM
130 REM   A(I,J) ..... Matriz formada pelos vd(i)
140 REM   PROD(I,1) ..... Produto matricial de CR(i,1) por A(I,J)
150 REM   IDB(I,1) ..... Indice de Dominancia Global
160 REM
170 DIM A(10,10),PROD(10,10),CR(10,1)
180 KK = 1 : M = 6 : N = 10
190 FOR I = 1 TO N
200 READ CR(I,1) : NEXT I
210 E(KK)=.3
220 LPRINT USING"e(##)=";KK;:LPRINT E(KK):LPRINT:LPRINT
230 FOR J = 1 TO N
240 FOR I = 1 TO M
250 READ A(I,J) : NEXT I : NEXT J
260 FOR I = 1 TO M
270 PROD(I,1)=0 : NEXT I
280 LPRINT SPC(5);
290 FOR J=1 TO N
300 LPRINT USING"#####";J;:LPRINT SPC(2);:NEXT J:LPRINT:LPRINT
310 FOR I = 1 TO M
320 LPRINT USING"###";I;:LPRINT SPC(2);
330 FOR J = 1 TO N
340 LPRINT USING"###.##";A(I,J);
350 NEXT J : LPRINT:NEXT I:LPRINT:LPRINT
360 FOR I = 1 TO M
370 FOR J = 1 TO N
380 PROD(I,1) = PROD(I,1) + A(I,J)*CR(J,1)
390 NEXT J : NEXT I
400 FOR I=1 TO M
410 LPRINT USING"#####";I;:NEXT I:LPRINT
420 FOR I=1 TO M
430 LPRINT USING"###.##";PROD(I,1);:NEXT I:LPRINT:LPRINT
440 FOR I=1 TO 2
450 FOR J=1 TO M
460 IF (I=1) THEN GO TO 490
470 A(I,J)=PROD(J,1)
480 GO TO 500
490 A(I,J)=J
500 NEXT J:NEXT I

```

```

510 FOR J=1 TO M-1
520 FOR L=J+1 TO M
530 IF(A(2,J)>=A(2,L))THEN GO TO 600
540 KL=A(2,J)
550 KL1=A(1,J)
560 A(1,J)=A(1,L)
570 A(2,J)=A(2,L)
580 A(1,L)=KL1
590 A(2,L)=KL
600 NEXT L : NEXT J
610 FOR J=1 TO M
620 LPRINT USING"#####";A(1,J);:NEXT J:LPRINT
630 FOR J=1 TO M
640 LPRINT USING"###.##";A(2,J);:NEXT J:LPRINT:LPRINT
650 FOR I=1 TO M
660 IDG(I,1)= (PROD(1,1)-PROD(M,1))/(PROD(1,1)-PROD(M,1))
670 LPRINT USING"###.##";IDG(I,1);
680 NEXT I: LPRINT :LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
690 KK = KK + 1
700 E(KK)=E(KK-1) + .1
710 IF(KK <= 5) THEN GOTO 220
720 END
730 DATA 1.00,.11,.33,.13,.25,.20,.50,.20,.11,.11
740 DATA -.17,.62,.24,-.61,.38,-.46
750 DATA -.41,.58,.75,-.08,-.16,-.69
760 DATA .48,-.78,.76,-.31,.60,.76
770 DATA .98,.41,-.53,.04,-.94,-.04
780 DATA .04,-.25,.39,.55,-.29,-.44
790 DATA -.08,.21,.48,-.34,.33,-.59
800 DATA 1.17,.24,.02,-.88,.23,-.78
810 DATA -.01,-.05,.46,-.54,.17,-.04
820 DATA -.26,.07,.06,-.56,.79,-.10
830 DATA 1.11,.22,.08,-.12,-.55,-.74
840 DATA -.18,.63,.24,-.63,.40,-.47
850 DATA -.41,.59,.77,-.08,-.17,-.70
860 DATA .48,-.78,.76,-.31,.60,.76
870 DATA .91,.31,-.49,.06,-.95,.16
880 DATA .03,-.27,.40,.58,-.29,-.45
890 DATA -.09,.21,.49,-.35,.34,-.61
900 DATA 1.11,.25,.03,-.89,.28,.77
910 DATA -.00,-.04,.46,-.55,.18,-.04
920 DATA -.25,.09,.09,-.58,.76,-.10
930 DATA 1.11,.24,.07,-.10,-.56,-.76
940 DATA -.18,.63,.24,-.64,.41,-.47
950 DATA -.40,.59,.78,-.07,-.18,-.72
960 DATA .48,-.78,.76,-.31,.60,.76
970 DATA .86,.24,-.47,.08,-.96,.24
980 DATA .02,-.28,.42,.60,-.29,-.47
990 DATA -.09,.22,.50,-.35,.34,-.62
1000 DATA 1.04,.27,.03,-.89,.32,-.77
1010 DATA .00,-.04,.46,-.56,.18,-.04

```

FILE AUTRANI F1 A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT85(1+ SLU312 13/11/71

```

WRITE(6,21)
21  FORMAT(10X,' A MATRIZ A5(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((A5(I,J),J=1,N),I=1,N)
    IF(N.LE.5)GOTO 105
    CALL CDIAS6(A,N,E,A6)
    WRITE(6,22)
22  FORMAT(10X,' A MATRIZ A6(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((A6(I,J),J=1,N),I=1,N)
    IF(N.LE.7)GOTO 105
    CALL CDIAS7(A,N,E,A7)
    WRITE(6,30)
30  FORMAT(10X,' A MATRIZ A7(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((A7(I,J),J=1,N),I=1,N)
    IF(N.LE.8)GOTO 105
    CALL CDIAS8(A,N,E,A8)
    WRITE(6,31)
31  FORMAT(10X,' A MATRIZ A8(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((A8(I,J),J=1,N),I=1,N)
    IF(N.LE.9)GOTO 105
    CALL CDIAS9(A,N,E,A9)
    WRITE(6,32)
32  FORMAT(10X,' A MATRIZ A9(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((A9(I,J),J=1,N),I=1,N)
105  DO 110 I=1,N
      DO 110 J=1,N
        SUM(I,J)=A(I,J)+A2(I,J)+A3(I,J)+A4(I,J)+A5(I,J)+A6(I,J)+A7(I,J)+A8
110  1(I,J)+A9(I,J)
    CONTINUE
    WRITE(6,23)
    IF(N.LE.8)GOTO 105
23  FORMAT(10X,' A MATRIZ SUM(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((SUM(I,J),J=1,N),I=1,N)
700  DO 120 I=1,N
      DO 120 J=1,N
        W(I,1)=W(I,1)+SUM(I,J)
120  CONTINUE
    WRITE(6,24)
24  FORMAT(1X,' O VETOR W(I,1) EH ',//)
    WRITE(6,16)(W(I,1),I=1,N)
16  FORMAT(20X,F10.2,/)
    DO 125 I=1,N
      S=S+W(I,1)
125  CONTINUE
    DO 130 I=1,N
      WN(I,1)=W(I,1)/S
130  CONTINUE
    WRITE(6,25)
25  FORMAT(1X,' O VETOR NORMALIZADO WN(I,1) EH ',//)
    WRITE(6,16)(WN(I,1),I=1,N)
    IF(C.EQ.1.)GOTO 250
    DO 200 I=1,N
      DO 200 J=1,N
        D(I,J)=WN(I,1)-WN(J,1)
        VD(I,1)=VD(I,1)+D(I,J)
200  CONTINUE

```

1020 DATA -.25,.11,.11,-.60,.72,-.09
1030 DATA 1.10,.27,.06,-.09,-.56,-.78
1040 DATA -.17,.63,.25,-.65,.42,-.47
1050 DATA -.40,.59,.79,-.07,-.18,-.73
1060 DATA .48,-.78,.76,-.31,.60,.76
1070 DATA .83,.20,-.45,.10,-.96,.30
1080 DATA .00,-.29,.43,.62,-.28,-.48
1090 DATA -.09,.23,.51,-.35,.34,-.63
1100 DATA .99,.28,.04,-.9,.35,-.76
1110 DATA .0,-.04,.46,-.58,.19,-.04
1120 DATA -.24,.12,.13,-.62,.70,-.08
1130 DATA 1.09,.30,.05,-.08,-.57,-.79
1140 DATA -.17,.63,.25,-.66,.43,-.48
1150 DATA -.40,.59,.80,-.07,-.19,-.74
1160 DATA .48,-.78,.76,-.31,.60,.76
1170 DATA .80,.17,-.44,.10,-.97,.33
1180 DATA -.01,-.31,.45,.64,-.28,-.49
1190 DATA -.09,.24,.51,-.36,.34,-.64
1200 DATA .95,.29,.05,-.90,.38,-.76
1210 DATA .01,-.03,.46,-.59,.19,-.04
1220 DATA 1.08,.32,.04,-.07,-.58,-.80
1230 DATA -.24,.14,.14,-.63,.67,-.09

FILE AUTRAN1 F1 A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT85C1+ SLU312 13/1178

```

DIMENSION A(10,10),A2(10,10),A3(10,10),A4(10,10),A5(10,10),A6(10
1,10),A7(10,10),A8(10,10),A9(10,10),SUM(10,10),w(10,1),WN(10,1),D
1(10,10),VD(10,1)
INTEGER R
C=1.
N=10
E=0.3
IF(C.NE.2.) GOTO 3
READ(5,11)((W(I,1),I=1,N)
11  FORMAT(F10.2)
WRITE(6,13)
13  FORMAT(10X,/,/, ' A MATRIZ DE CUSTOS EH ',/,,/)
WRITE(6,16)((W(I,1),I=1,N)
GOTO 700
3  READ(5,10)((A(I,J),J=1,N),I=1,N)
10  FORMAT(10F5.2)
WRITE(6,17)
17  FORMAT(1X,/,/, ' A MATRIZ A(I,J) EH ',/,,/)
WRITE(6,15)((A(I,J),J=1,N),I=1,N)
300  DO 100 I=1,N
DO 100 J=1,N
S=C.
A2(I,J)=0.
A3(I,J)=0.
A4(I,J)=0.
A5(I,J)=0.
A6(I,J)=0.
A7(I,J)=0.
A8(I,J)=0.
A9(I,J)=0.
SUM(I,J)=0.
w(I,1)=0.
WN(I,1)=0.
D(I,J)=0.
VD(I,1)=0.
100  CONTINUE
WRITE(6,12)E
12  FORMAT(1X,/,/, ' E VALE ',F5.1,/,/,,/)
CALL CDIAS2(A,N,E,A2)
WRITE(6,18)
18  FORMAT(10X, ' A MATRIZ A2(I,J) EH ',/,,/)
WRITE(6,15)((A2(I,J),J=1,N),I=1,N)
15  FORMAT(1X,10F7.2,/)
IF(N.LE.3)GOTO 105
CALL CDIAS2(A,N,E,A3)
WRITE(6,19)
19  FORMAT(10X, ' A MATRIZ A3(I,J) EH ',/,,/)
WRITE(6,15)((A3(I,J),J=1,N),I=1,N)
IF(N.LE.4)GOTO 105
CALL CDIAS4(A,N,E,A4)
WRITE(6,20)
20  FORMAT(10X, ' A MATRIZ A4(I,J) EH ',/,,/)
WRITE(6,15)((A4(I,J),J=1,N),I=1,N)
IF(N.LE.5)GOTO 105
CALL CDIAS5(A,N,E,A5)

```

FILE AUTRAN1 F1 A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT8EC1+ SLU312 15

```

WRITE(6,26)
26  FORMAT(1X,' A MATRIZ D(I,J) EH ',//)
    WRITE(6,15)((D(I,J),J=1,N),I=1,N)
    WRITE(6,27)
27  FORMAT(1X,' C VECTOR VD(I,1) EH ',//)
    WRITE(6,16)(VD(I,1),I=1,N)
    IF(C.EQ.2)GOTO 1000
250  E=E*0.1
    IF(L.LE.0.71)GOTO 300
1000 STOP
    END
    SUBROUTINE CDIAS2(A,N,E,A2)
    DIMENSION A(10,10),A2(10,10)
    DO 20 I=1,N
    DO 21 J=1,N
    IF(J.EQ.I) GOTO 21
    DO 22 K=1,N
    IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 22
    A2(I,J)=A2(I,J)+(A(I,K)*A(K,J))/(N-2)*E
22  CONTINUE
21  CONTINUE
20  CONTINUE
    RETURN
    END
    SUBROUTINE CDIAS3(A,N,E,A3)
    DIMENSION A(10,10),A3(10,10)
    DO 30 I=1,N
    DO 31 J=1,N
    IF(J.EQ.I)GOTO 31
    DO 32 K=1,N
    IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 32
    DO 33 L=1,N
    IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.K).OR.(L.EQ.J))GOTO 33
    A3(I,J)=A3(I,J)+(A(I,K)*A(K,L)*A(L,J))/(2*N-5)*(E**2)
33  CONTINUE
32  CONTINUE
31  CONTINUE
30  CONTINUE
    RETURN
    END
    SUBROUTINE CDIAS4(A,N,E,A4)
    DIMENSION A(10,10),A4(10,10)
    DO 40 I=1,N
    DO 41 J=1,N
    IF(J.EQ.I)GOTO 41
    DO 42 K=1,N
    IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 42
    DO 43 L=1,N
    IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.K).OR.(L.EQ.J))GOTO 43
    DO 44 M=1,N
    IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 44
    A4(I,J)=A4(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,J)/(3*N-9)*(E**3)
44  CONTINUE
43  CONTINUE
42  CONTINUE

```

FILE AUTHANI F1 A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUT85C1+ SL0312 13/71

```

41 CONTINUE
40 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE CDIAS5(A,N,E,A5)
DIMENSION A(10,10),A5(10,10)
DO 50 I=1,N
DO 51 J=1,N
IF(I.EQ.J)GOTO 51
DO 52 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 52
DO 53 L=1,N
IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.J).OR.(L.EQ.K))GOTO 53
DO 54 M=1,N
IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 54
DO 55 NN=1,N
IF((NN.EQ.I).OR.(NN.EQ.J).OR.(NN.EQ.K).OR.(NN.EQ.L).OR.(NN.EQ.M))
1GOTO 55
A5(I,J)=A5(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,J)/(4*N-14)+E
15)
55 CONTINUE
54 CONTINUE
53 CONTINUE
52 CONTINUE
51 CONTINUE
50 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE CDIAS6(A,N,E,A6)
DIMENSION A(10,10),A6(10,10)
DO 60 I=1,N
DO 61 J=1,N
IF(J.EQ.I)GOTO 61
DO 62 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 62
DO 63 L=1,N
IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.J).OR.(L.EQ.K))GOTO 63
DO 64 M=1,N
IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 64
DO 65 NN=1,N
IF((NN.EQ.I).OR.(NN.EQ.J).OR.(NN.EQ.K).OR.(NN.EQ.L).OR.(NN.EQ.M))
1GOTO 65
DO 66 IO=1,N
IF((IO.EQ.I).OR.(IO.EQ.J).OR.(IO.EQ.K).OR.(IO.EQ.L).OR.(IO.EQ.M))
1OR.(IO.EQ.NN))GOTO 66
A6(I,J)=A6(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,IO)*A(IO,
1-20)*(E**5)
66 CONTINUE
65 CONTINUE
64 CONTINUE
63 CONTINUE
62 CONTINUE
61 CONTINUE
60 CONTINUE
RETURN

```

FILE AUTRANI F1 A1 CMS NSC/CG JFPB #31 PUTS(1)+ SLC312 13/1179

```

END
SUBROUTINE CDIAS7(A,N,E,A7)
DIMENSION A(10,10),A7(10,10)
DO 70 I=1,N
DO 71 J=1,N
IF(J.EQ.1)GOTO 71
DO 72 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 72
DO 73 L=1,N
IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.J).OR.(L.EQ.K))GOTO 73
DO 74 M=1,N
IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 74
DO 75 NN=1,N
IF((NN.EQ.I).OR.(NN.EQ.J).OR.(NN.EQ.K).OR.(NN.EQ.L).OR.(NN.EQ.M))
1GOTO 75
DO 76 IC=1,N
IF((IC.EQ.I).OR.(IC.EQ.J).OR.(IC.EQ.K).OR.(IC.EQ.L).OR.(IC.EQ.M)
1OR.(IC.EQ.NN))GOTO 76
DO 77 IP=1,N
IF((IP.EQ.I).OR.(IP.EQ.J).OR.(IP.EQ.K).OR.(IP.EQ.L).OR.(IP.EQ.M)
1OR.(IP.EQ.NN).OR.(IP.EQ.IC))GOTO 77
A7(I,J)=A7(I,J)+A(I,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)+A(NN,IP)+A(IC,IP)*A(IC
1P,J)/(6*N-27)*(E**6)
77 CONTINUE
76 CONTINUE
75 CONTINUE
74 CONTINUE
73 CONTINUE
72 CONTINUE
71 CONTINUE
70 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE CDIAS8(A,N,E,A8)
DIMENSION A(10,10),A8(10,10)
DO 80 I=1,N
DO 81 J=1,N
IF(J.EQ.1)GOTO 81
DO 82 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 82
DO 83 L=1,N
IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.J).OR.(L.EQ.K))GOTO 83
DO 84 M=1,N
IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 84
DO 85 NN=1,N
IF((NN.EQ.I).OR.(NN.EQ.J).OR.(NN.EQ.K).OR.(NN.EQ.L).OR.(NN.EQ.M))
1GOTO 85
DO 86 IC=1,N
IF((IC.EQ.I).OR.(IC.EQ.J).OR.(IC.EQ.K).OR.(IC.EQ.L).OR.(IC.EQ.M)
1OR.(IC.EQ.NN))GOTO 86
DO 87 IP=1,N
IF((IP.EQ.I).OR.(IP.EQ.J).OR.(IP.EQ.K).OR.(IP.EQ.L).OR.(IP.EQ.M)
1OR.(IP.EQ.NN).OR.(IP.EQ.IC))GOTO 87
DO 88 IC=1,N
IF((IC.EQ.I).OR.(IC.EQ.J).OR.(IC.EQ.K).OR.(IC.EQ.L).OR.(IC.EQ.M))

```

FILE AUTRANI F1 A1 CMS NSC/CG UFPB R31 PUTS001+ SLL312 15.11.72

```

10R.(IC.EQ.NN).OR.(IC.EQ.IC).OR.(IC.EQ.IP))GOTO 88
A8(1,J)=A8(1,J)+A(1,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,IC)*A(IC,IP)*A(
1IP,1L)*A(IC,J)/(7*N-35)*(E**7)
88 CONTINUE
87 CONTINUE
86 CONTINUE
85 CONTINUE
84 CONTINUE
83 CONTINUE
82 CONTINUE
81 CONTINUE
80 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE CDIASS(A,N,E,A9)
DIMENSION A(10,10),A9(10,10)
INTEGER N
DO 90 I=1,N
DO 91 J=1,N
IF(J.EQ.I)GOTO 91
DO 92 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J))GOTO 92
DO 93 L=1,N
IF((L.EQ.I).OR.(L.EQ.J).OR.(L.EQ.K))GOTO 93
DO 94 M=1,N
IF((M.EQ.I).OR.(M.EQ.J).OR.(M.EQ.K).OR.(M.EQ.L))GOTO 94
DO 95 NN=1,N
IF((NN.EQ.I).OR.(NN.EQ.J).OR.(NN.EQ.K).OR.(NN.EQ.L).OR.(NN.EQ.M))
1GOTO 95
DO 96 IC=1,N
IF((IC.EQ.I).OR.(IC.EQ.J).OR.(IC.EQ.K).OR.(IC.EQ.L).OR.(IC.EQ.M).
10R.(IC.EQ.NN))GOTO 96
DO 97 IP=1,N
IF((IP.EQ.I).OR.(IP.EQ.J).OR.(IP.EQ.K).OR.(IP.EQ.L).OR.(IP.EQ.M).
10R.(IP.EQ.NN).OR.(IP.EQ.IC))GOTO 97
DO 98 IQ=1,N
IF((IQ.EQ.I).OR.(IQ.EQ.J).OR.(IQ.EQ.K).OR.(IQ.EQ.L).OR.(IQ.EQ.M).
10R.(IQ.EQ.NN).OR.(IQ.EQ.IC).OR.(IQ.EQ.IP))GOTO 98
DO 99 K=1,N
IF((K.EQ.I).OR.(K.EQ.J).OR.(K.EQ.K).OR.(K.EQ.L).OR.(K.EQ.M).OR.(K.
1EQ.NN).OR.(K.EQ.IC).OR.(K.EQ.IP).OR.(K.EQ.IQ))GOTO 99
A9(1,J)=A9(1,J)+A(1,K)*A(K,L)*A(L,M)*A(M,NN)*A(NN,IC)*A(IC,IP)*A(
1IP,1L)*A(IC,J)/(8*N-44)*(E**5)
99 CONTINUE
98 CONTINUE
97 CONTINUE
96 CONTINUE
95 CONTINUE
94 CONTINUE
93 CONTINUE
92 CONTINUE
91 CONTINUE
90 CONTINUE
RETURN
END

```

BIBLIOGRAFIA

1. AHR, Roberto y.. *Microeconomia: Teoria e Aplicação*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1978
2. DIAS, Clóvis. *Avaliação de Rodovias Vicinais na Região Oriental do Estado da Paraíba - Aplicação de um Quadro de Referência para Tomada de Decisão Multicritério*, Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE - 1981.
3. ECKENRODE, Robert T.. *Weighting Multiple Criteria*. Dunlop and Associates, Inc. U.S.A., 1965.
4. ENGLISH, Morley J.. *Cost-Effectiveness*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1968
5. FISHBURN, Peter C.. *Decision and Value Theory*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1964.
6. GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. *A Multicriteria Decisionmaking Framework for the Evolution of Forest Road Investment Projects*. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, University of California, Berkeley, 1975.
7. GUIGOU, Jean-Louis. *Methodes Multidimensionnelles-Analyse des Données et choix à Critères Multiples*. Paris, Dunod, 1977.
8. HANDERSON, James M. e QUANT, Richard E.. *Teoria Microe-*