

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

UM MODELO DE DECISÃO NA SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA PARA A
FUNAM - UFRN.

ANTÔNIO EDUARDO BULHÕES

CAMPINA GRANDE, OUTUBRO DE 1982



B933m

Bulhoes, Antonio Eduardo

Um modelo de decisao na selecao de projetos de pesquisa para a FUNAM - UFRN / Antonio Eduardo Bulhoes. - Campina Grande, 1982.

87 f.

Tese (Doutorado em Sistemas de Computacao) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencia e Tecnologia.

1. Tomada de Decisao - Empresas 2. Projetos de Pesquisa - Tomada de Decisoes - FUNAM 3. Tese I. Weber, Hans Hermann II. Universidade Federal Paraiba - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 65.012.4(043)

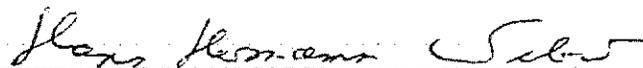
"UM MODELO DE DECISÃO NA SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUI
SA PARA A FUNAM - UFRN"

A N T Ô N I O E D U A R D O B U L H Õ E S

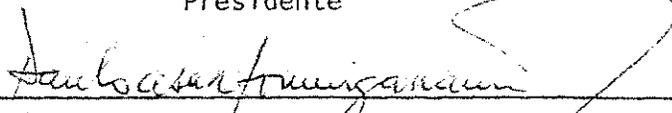
Tese submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em
Sistemas e Computação - Opção Pesquisa Operacional do Centro de
Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Sistemas
e Computação.

Aprovado por:

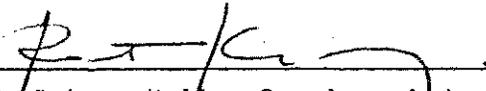
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Hans Hermann Weber - Ph.d
Presidente



Prof. Paulo César Formiga Ramos - Ph.D
Examinador



Prof. Robert Kaley Cavalcanti de Menezes - M.Sc.
Examinador

À minha esposa Zuleide e nossos filhos
Edualeide, Analeide e Antônio Eduardo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FUNAM (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento), pelo imprescindível apoio em se dispor a implantar o modelo.

Ao Prof. Dr. Hans Hermann Weber, pela ajuda, estímulo e eficiente orientação, durante os meses necessários à complementação do trabalho.

Ao Prof. Carlos Augusto Cavalcanti de Lima, pela ajuda e estímulo durante a realização deste trabalho.

Agradeço também a todos que pela colaboração facilitaram a realização deste trabalho.

Antônio Eduardo Bulhões

SUMÁRIO

O objetivo principal deste trabalho é gerar um instrumento que possa servir de auxílio na tomada de decisões quanto à "Seleção de Projetos de Pesquisa" na FUNAM-UFRN (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento).

Este trabalho utiliza uma lista de projetos desejáveis e seleciona um subconjunto destes para serem financiados na maximização da utilidade com restrições de capital.

O modelo proposto consiste em criar uma lista ordenada decrescente de projetos preferidos de acordo com um número definido como utilidade, o qual é gerado a partir de critérios aplicados à qualificação de projetos. Em cada projeto submetido à análise serão apreciados os critérios e fornecidas notas a cada um. Tais notas constituirão a matriz de utilidade. Esta matriz sofrerá uma transformação ponderada baseada em pesos fixados para cada critério, determinando desta forma a matriz-ajustada, a qual permitirá definir a utilidade de cada projeto gerando desta forma a lista ordenada decrescente. Os pesos fixados, para cada critério, serão determinados através da Técnica Delphi e tabulados de forma normalizada.

Desde que vários projetos sejam submetidos a esta estratégia, podemos classificá-los em ordem decrescente dos valores de utilidade, ou seja, os melhores projetos serão os primeiros da lista. No entanto, como existem restrições de recursos financeiros e provavelmente outros, a decisão final dos projetos a serem financiados será determinada por um programa linear binário, que terá como função-objetivo, maximizar a soma dos valores de utilidades destes projetos.

No final, são feitas conclusões e propostas, algumas sugestões consideradas relevantes para o setor de projetos de pesquisa da FUNAM-UFRN.

A B S T R A C T

The main objective this work is produce an instrument that can do of help to make up one's mind all that "Selection Project of Reseorch" in FUNAM - UFRN (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento).

This work make a project list desirable and choose a sub-conjunct for being financing in the greatest utility with money limitations.

The proposed model consist in criate an ordinate list diminishing preferred projects of accord with a definit number like utility, that is creating since aplicacion judgement by project qualification. The submitted project for analysis would be apreciated provide discernment notes at everyone. This notes will establish the utility matrix. This matrix will suffer a prudent transformation weight basing fixed for dicernment, this way determinated the matrix of utility adjusted, whose will admit the utility define at one producing project this way the ordinate list diminishing. The fixed weight for discernment will be through determinated Delphi Technics and tabular normalized way.

Since that various projects being submitted at this strategy, can classify them in diminishing order of the value utility, or then, the best project will be the first of the list. Then, that limitation resort financial probably others, the final decision of projects being financed will be determinate for a lineal binary program, that will have like that object funcion, to increase the sum utilities value projects.

In the end, are doing conclusion and offers, some consider sugestions important for sector of research projects of the FUNAM-UFRN.

Í N D I C E

AGRADECIMENTOS	PÁGINA
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	09
1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS	11
1.1. A FUNAM (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento)	11
1.1.1. Histórico	11
1.1.2. Situação Atual no Setor de Projetos de Pesquisa	12
1.2. Descrição do Problema, Justificativa e Objetivo do trabalho	18
2. A METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE PROJETOS	20
2.1. Os Métodos Tradicionais e a Metodologia da Análise de Utilidade	20
2.2. O Processo de Tomada de Decisão	21
2.2.1. O Modelo básico da teoria da decisão e o proposto	28
2.3. O Método Delphi	35
2.4. Aplicações Anteriores do Método Delphi	38
2.5. Aplicação do Método no Setor de Projetos de Pesquisa da FUNAM	41
2.5.1. Procedimentos	41
2.6. A Valorização de Custos e Benefícios na Seleção de um Projeto de Pesquisa	48
2.6.1. Fatores de Influência	48
2.6.2. Um modelo de Análise de Utilidade	49
2.7. O Modelo de Seleção de Projetos de Pesquisa que Maximiza a Utilidade Total com Restrição de Capital	57

2.8.	Solução do Modelo Proposto aplicando Programação inteira 0-1 (KNAPSACK)	58
2.9.	Comparação da Programação inteira 0-1 com uma Técnica Heurística	62
3.	RESULTADOS	64
3.1.	Problema Exemplo	64
3.2.	Análise de Solução	66
3.3.	Árvore de Valores	71
4.	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXO A - Pergunta formulada	77
	ANEXO B - Catálogo de critérios	79
	ANEXO C - Questionários Utilizados na Pesquisa	80
	ANEXO D - Matriz de Pesos	83
	ANEXO E - Solução de uma aplicação da programação inteira 0-1....	84

I N T R O D U Ç Ã O

O presente trabalho é parte integrante do "Sistema de apoio a projetos de pesquisa" - SIGI-FAM (Sistema de Informação Gerencial Integrado) que está sendo desenvolvido para a FUNAM (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento).

O objetivo central da FUNAM é, através de recursos próprios, promover e financiar projetos de pesquisa de mérito científico e tecnológico para a saúde. Suas áreas de atuação, atualmente, em ordem de prioridade são:

- *Farmacobotânica;*
- *Desenvolvimento de produtos cosméticos, farmacêuticos e alimentícios;*
- *Pesquisas nutricionais;*
- *Farmacologia experimental;*
- *Síntese orgânica.*

Quando o projeto entrar e for analisado em uma dessas áreas, ele terá alguns critérios os quais servirão para a tomada de decisão quanto a sua seleção. A tomada de decisão é um dos problemas que mais atormentam administradores, pois é normal vermos pessoas em conflitos no instante em que aparecem, em sua frente, vá-

rios fluxos de ação que podem ser seguidos, sem terem certeza de qual curso de ação deve ser selecionado para colocarem em prática.

Na FUNAM ainda não existem critérios de seleção para seus projetos de pesquisa, atuando apenas nos setores prioritários estabelecidos no Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Ver quadros 1,2,3,4,5).

Um projeto é composto de custos e benefícios. Existem sempre problemas de avaliar esta relação, pois os custos são, geralmente, possíveis de se quantificar, enquanto os benefícios são normalmente fatores difíceis de serem quantificados. Deste modo, a seleção de projetos de pesquisa na FUNAM, às vezes, é feita de maneira não racional.

Este trabalho apresenta uma metodologia para este fim, chamada de "análise de utilidade".

O capítulo 1 contém a apresentação da FUNAM, cujo início data de nov/77 e que, atualmente, está passando por uma fase de expansão nunca antes verificada. Faz-se também a descrição do problema e a definição dos objetivos.

No capítulo 2, é apresentado um método para que um grupo de pessoas, com diferentes preferências, chegue a um consenso sobre critérios para a seleção de um projeto de pesquisa, usando o método Delphi. Demonstraremos ser possível, a partir dos resultados dos questionários, montar um esquema formal para adaptar as técnicas de tomada de decisão à atitude do homem encarregado de tomá-las. Uma análise de utilidade será explicada, usando-se os critérios determinados para a seleção de um projeto de pesquisa.

No capítulo 3, são apresentadas as características de um problema de aplicação, bem como uma análise completa dos resultados pelo uso do modelo. São apresentadas algumas conclusões que o autor julga úteis ao setor de projeto de pesquisa da FUNAM, no capítulo 4.

1 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

1.1 - A FUNAM (Fundação Universitária do Alimento e do Medicamento).

1.1.1 - Histórico

A fundação Universitária do Alimento e do Medicamento - FUNAM, iniciou suas atividades organizadas em novembro de 1977. É uma entidade de direito privado, com personalidade jurídica, autonomia administrativa e financeira, patrimônio próprio e duração indeterminada.

Tem por finalidade:

- desenvolver tecnologias de produção, adaptar tecnologias transferidas e produzir insumos farmacêuticos, medicamentos, cosméticos, higienizantes, dietéticos, nutricionais e similares;
- ministrar ensino a nível de pós-graduação e proporcionar treinamentos especializados;
- realizar pesquisa de mérito científico e tecnológico para a saúde;
- prestar assistência técnica nos campos de sua atuação, inclusive ao sistema empresarial privado;
- realizar pesquisa de mercado e custos;
- colaborar com órgãos federais, estaduais ou municipais de saúde pública e assistência social.

1.1.2 - Situação atual no setor de projetos de pesquisa

Por se encontrar em fase de implantação, a FUNAM ainda não tem critérios de seleção para seus projetos. Apenas procuraremos, dentro da nossa área, atuar nos setores prioritários estabelecidos no Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do PND (Plano Nacional de Desenvolvimento).

Os projetos anteriores foram encaminhados através da Universidade Federal do Rio Grande do Norte ou de Setores a ela subordinados, aos órgãos financiadores tais como: FINEP, CNPq, etc.

O acompanhamento desses projetos tem sido através da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRN, e/ou em contato direto com as entidades financiadoras.

Atualmente, a FUNAM está encaminhando os seus projetos diretamente às entidades financiadoras e pretende, futuramente, custear suas próprias pesquisas, tendo, como respaldo financeiro, o resultado econômico da produção de medicamentos, sem deixar de utilizar as fontes formais de financiamento de projetos.

Nos quadros anexos, estão relacionados os projetos executados, em andamento e o potencial para o desenvolvimento de novos projetos.

TÍTULO	RESPONSÁVEL	ÓRGÃO FINANCIADOR	VALOR EM CR\$
- PROJETO INTEGRADO DE IMPLANTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA NUTRICIONAIS E FARMACOLÓGICAS.	José Aleixo Prates e Silva	FINEP	21.377.857,00
- PROJETO DE TREINAMENTO DE AUXILIAR DE LABORATÓRIO	Dilma Oliveira Brunel de Sá	FUNAM	28.070,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMACOCINÉTICA	Aquiles Arancibia Orrego	Convênio Internacional PREMESU/BID	87.042,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMÁCIA CLÍNICA	Inês Elisa Ruiz Alvarez	Convênio Internacional PREMESU/BID	87.042,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FITOQUÍMICA	Benjamim Frydman	Convênio Internacional PREMESU/BID	87.042,00
- FARMACOPÉIA POPULAR DO RIO GRANDE DO NORTE	M ^{te} Cleide R. D. de Carvalho	CNPq	469.583,00
- ESTUDO DE PERSISTÊNCIA DAS PLANTAS MEDICINAIS NAS FARMACOPÉIA POPULAR, COMO INDICATIVO DE EFICÁCIA TERAPÊUTICA	Nilsen Carvalho de O. Filho	CNPq	534.246,00
- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO HORTO DE PLANTAS MEDICINAIS.	José Aleixo Prates e Silva	Recursos próprios Fundação IMC/Companheiros das Américas.	461.830,00
- IDENTIFICAÇÃO E ESTUDO FARMACOLÓGICO DE PLANTAS MEDICINAIS DO RIO GRANDE DO NORTE - 1ª PARTE - PSICOTRÓPICOS	José Aleixo Prates e Silva	CNPq	2.444.043,00

"QUADRO 1 - PROJETOS ELABORADOS E ENCAMINHADOS"

TÍTULO	RESPONSÁVEL	ÓRGÃO FINANCIADOR	VALOR EM CR\$
- PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE LÍQUIDOS.	José Aleixo Prates e Silva	CEME	1.560.000,00
- PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE CONTROLE DE QUALIDADE	José Aleixo Prates e Silva	CEME/FUNAN	16.014.919,00
- PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SÓLIDOS.	José Aleixo Prates e Silva	CEME	3.028.000,00
- PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE INJETÁVEIS	José Aleixo Prates e Silva	CEME	1.421.000,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMACOBOTÂNICA	José Laureano Amorim	Convênio Internacional PREMESU/BID	329.322,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMÁCIA CLÍNICA	Juan R. Robayo Thomas H. Moore	Convênio Internacional PREMESU/BID	658.644,00
- PROJETO DE CONSULTORIA EM TECNOLOGIA FARMACÊUTICA	Gilberto Nicolas Dalésio	Convênio Internacional PREMESU/BID	329.322,00
- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO NÚCLEO DE ESTUDO E COLETA DE INFORMAÇÃO SOBRE O USO POPULAR DE PLANTAS MEDICINAIS DO RIO GRANDE DO NORTE	José Aleixo Prates e Silva	Convênio CNPq/CEME Projeto Flora	3.040.161,00

"QUADRO 1 - PROJETOS ELABORADOS E ENCAMINHADOS"

TÍTULO	ENCAMINHADA AO	VALOR ESTIMADO
- ESTUDO DE SUBSTÂNCIAS COM ATIVIDADES BIOLÓGICAS NA <u>Luffa operculata</u> - Conq. (Cabacinha).	FIEPEC	2.530.000,00
- ESTUDO DE SUBSTÂNCIAS COM ATIVIDADES BIOLÓGICAS NA <u>Gonphrena Jubata</u> - Māq. (Maceia).	FIEPEC	2.530.000,00
- ESTUDO DE SUBSTÂNCIAS COM ATIVIDADES BIOLÓGICAS NO <u>Genipa Americana</u> - (Genipapo).	FIEPEC	2.530.000,00
- ESTUDO FITOQUÍMICO DA <u>Talisia esculenta</u> , Radki (Pitomba)	FIEPEC	2.530.000,00
- ESTUDO DA PHYROLACCA DECANDRA NO COMBATE À ESQUISTOSSO - MOSE.	SUCAM	2.000.000,00

"QUADRO 2 - CARTAS CONSULTAS E ENCAMINHADAS"

T I T U L O	DATA DA APROVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
- PROJETO DE TREINAMENTO DE AUXILIAR DE LABORATÓRIO.	Fevereiro de 1979	
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMACOCINÉTICA.	Novembro de 1979	
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FITOQUÍMICA	Novembro de 1979	
- PROJETO DE FARMÁCIA CLÍNICA	Setembro de 1979	
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMACOBOTÂNICA	Janeiro de 1981	
- PROJETO DE CONSULTORIA EM FARMÁCIA CLÍNICA	Janeiro de 1981	
- PROJETO DE CONSULTORIA EM TECNOLOGIA FARMACÊUTICA	Janeiro de 1981	

"QUADRO 3 - PROJETOS APROVADOS

T I T U L O	PRAZO PARA REAPRESENTAÇÃO	OBSERVAÇÕES
- FARMACOPÉIA POPULAR DO RIO GRANDE DO NORTE	Junho de 1981	Incluir cópias dos questionários aplicados e como organizar as informações botânicas.
- ESTUDO DA PERSISTÊNCIA DE PLANTAS MEDICINAIS NA FARMACOPÉIA POPULAR, COMO INDICATIVO DE EFICÁCIA TERAPÊUTICA.	Junho de 1981	Incluir cópias dos questionários, detalhar as fontes do passado que serão levantadas e modificações da metodologia.

"QUADRO 4 - PROJETOS EM DELIGÊNCIA"

T Í T U L O	RESPONSÁVEL	SERÁ ENCAMINHADO A
- PROJETO PARA FABRICAÇÃO DE CASEINA	André Newton do Monte Negreiros	CEME
- PROJETO DE FINANCIAMENTO PARA CAPITAL DE GIRO	José Aleixo Prates e Silva	Caixa Econômica Federal
- PROJETO SIGI-FAM (Implantação do Sistema de Infor mações Gerenciais).	Carlos Augusto Cavalcanti de Lima e outros.	
- PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DA HOMEOPATICA	Maria Mani de Araújo Dantas	CEME

"QUADRO 5 - PROJETOS EM FASE DE ELABORAÇÃO"

1.2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA, JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DO TRABALHO.

A dinâmica do processo de planejamento econômico e social parece caracterizar-se pela operacionalização de projetos, para levar a efeito os objetivos de qualquer instituição.

Segundo a administração por objetivos, o projeto é o instrumento por meio do qual o administrador visa a alcançar objetivos preestabelecidos. Pode ser considerado como proposta de solução de problemas, como processo racional de correção e desvios de novos padrões de desempenho.

Consiste em um conjunto de elementos que permitem a avaliação da viabilidade técnica, a viabilidade econômica, a conveniência social e a aceitação política do objetivo que se propõe alcançar, tendo o seu período de execução perfeitamente limitado no tempo.

Em paralelo, Mel Nick [01] diz que "projeto é o conjunto de antecedentes que permite avaliar as vantagens e desvantagens econômicas derivadas do fato de se destinarem certos recursos de um país à produção de determinados bens de serviço".

Pela importância que tem o projeto, tanto no seu valor econômico como social, as experiências parecem demonstrar que não existem critérios para a seleção de projetos. A seleção, até certo ponto, é de maneira um pouco arbitrária sem nenhum critério preestabelecido.

No caso específico da FUNAM, ainda pela sua fase de implantação, não existem critérios para a seleção de projetos, acarretando dessa maneira a irracionalidade.

[01] MEL NICK, *Júlio, Manual de Projetos de Desenvolvimento Econômico*, Editora Forum, Rio de Janeiro, 1972, p. 8.

Percebe-se que a FUNAM, da maneira que vem procedendo, atua apenas nos setores prioritários estabelecidos no Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Assim sendo, vem refletir negativamente causando inúmeros problemas tanto de ordem administrativa como financeira e institucional.

Tendo em vista as considerações expostas, pretendemos estudar e gerar um instrumento de análise de projetos, que possa servir de auxílio na tomada de decisões quanto à seleção de projetos de pesquisa na FUNAM.

2 - A METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE PROJETOS

2. 1 - OS MÉTODOS TRADICIONAIS E A METODOLOGIA DA ANÁLISE DE UTILIDADE.

Na vasta bibliografia [02], existem vários métodos para a seleção de projetos. Os mais simples são fundamentadas nas tradicionais técnicas de análise econômico-financeira dos projetos a serem selecionados. São componentes dessas técnicas a análise custo/benefício, a análise custo/efetividade, o método do valor presente e o método da taxa de retorno.

Com essas técnicas, os projetos são classificados em ordem decrescente, na razão de benefícios e custos para a seleção dos projetos propostos. A desvantagem principal das referidas técnicas é que são apenas considerados critérios que podem ser quantificados financeiramente, de modo que as relações acima possam ser calculadas. Critérios como: " dependência de êxito de outros projetos", " benefícios à população de baixa renda ", " projeção nacional ou internacional ", " nível de credibilidade do pesquisador" e outros são exemplos de critérios não mensuráveis em dinheiro, não sendo, portanto, levados em conta na seleção de projetos, apesar de importantes.

Se consultarmos o catálogo de critérios (Anexo B), verificamos que existe uma diversificação muito grande de unidades de medidas para estes critérios, tais como: exequibilidade em anos ou meses, relação capital/pessoal ocupado em cruzeiros/pessoa, intensidade de capital em cruzeiros. Existem outros que, simplesmente, não possuem unidades, por exemplo, aspecto de redação. Portanto, uma técnica rígida, baseada em valores financeiros, seria ineficiente.

Quando a seleção de projetos é baseada em critérios, não só financeiros ou sem unidades de medição, existem técnicas totalmente subjetivas.

Kepner & Tregoe [03] sugere um método de atribuições de escore na procura de melhores alternativas. Este método leva em conta os objetivos obrigatórios e os desejáveis, além de avaliar as consequências adversas da decisão-tentativa e controlar os efeitos da final.

Outra técnica subjetiva bastante eficiente é o processo ou " TÉCNICA DELPHI " [04] que tem a desvantagem de, na sua utilização, requerer um grupo técnico de alto nível em análise de projetos, cada vez que o método for aplicado. Esta técnica é importante para este trabalho porque servirá como ferramenta no uso do modelo de análise de utilidade, que será descrito adiante.

O modelo de análise de utilidade permite uma análise mais completa do projeto, pois busca uma otimização da utilidade esperada, aproximando-se bastante da realidade que é a sua principal característica.

2.2 - O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Um problema decisório se caracteriza quando existem, pelo menos, dois cursos de ações a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) possíveis. O problema decisório consiste em que somente um destes cursos deve ser seguido, o que equivale dizer que tais cursos de ações são mutuamente exclusivos - quando há ocorrência de um deles exclui a ocorrência dos outros.

O processo de tomada de decisão irá escolher aquele curso de ação que será executado convenientemente e sua seleção

deverá ser feita para atingir um objetivo preestabelecido.

Podemos verificar que, quem toma decisões, parte de um número qualquer de ações possíveis, até atingir um curso de ação especificado com objetivos conhecidos. Torna-se claro que tal decisão deverá ser tomada, visando à otimização dos resultados, quer seja através de uma função de maximização ou de minimização.

Para quem toma decisões, existe uma série de cursos de ações referentes ao seu problema. Todavia, existem várias ocorrências ambientais que o tomador de decisões não pode controlar, que chamamos de estados da natureza. Matematicamente, vamos arrumar esta situação em um quadro denominado matriz resultante (rendimentos). Esta matriz pode ser representada da seguinte maneira:

	s_1	$s_2 \dots s_m$
a_1	e_{11}	$e_{12} \dots e_{1m}$
a_2	e_{21}	$e_{22} \dots e_{2m}$
\vdots	\vdots	\vdots
a_n	e_{n1}	$e_{n2} \dots e_{nm}$

onde a_1, a_2, \dots, a_n são cursos de ações e s_1, s_2, \dots, s_m , estados da natureza. Os valores e_{ij} , ($i = 1, n$ e $j = 1, m$) são resultantes da ocorrência simultânea de uma estratégia a_i sob um específico estado de natureza s_j . Por exemplo, o valor de e_{11} será determinado quando, escolhida a ação a_1 , tenha ocorrido um estado da natureza s_1 .

Existem três tipos de decisões que são: decisões em clima de certeza, em clima de risco e em clima de incerteza. Vamos, sumariamente, falar sobre eles. Para qualquer que seja o tipo de clima, vamos considerar um exemplo fictício.

Numa cidade X, três projetos A_1 , A_2 e A_3 foram tomados para utilizar a mão-de-obra ociosa de um serviço público. Por razões econômicas, apenas um destes projetos poderá ser aplicado. A livre participação dos funcionários, nas atividades previstas nos projetos, foi estimada em três possíveis faixas 0-30%; 30% - 60% e 60% - 100%. Toda a iniciativa dos projetos propostos reverteu em benefícios à população de baixa renda.

Os ganhos que o projeto A_i ($i = 1, 2, 3$) promoveu à população dependeram fortemente da participação dos funcionários públicos.

As possíveis ações empregadas:

a_1 = usar o projeto A_1

a_2 = usar o projeto A_2

a_3 = usar o projeto A_3

Os estados de natureza possíveis:

s_1 = participação dos funcionários públicos de
0 - 30%;

s_2 = participação dos funcionários públicos de
30% - 60%

s_3 = participação dos funcionários públicos de
60% - 100%.

A matriz resultante (rendimentos) medida em MCR\$/mil pessoas (milhares de cruzeiros por mil pessoas) será:

	s_1	s_2	s_3
a_1	3	5	7
a_2	4	6	2
a_3	2	9	3

Assim, de acordo com nossa matriz, se fosse escolhido o projeto A_1 para ser usado, caso ocorresse o estado de natureza s_1 , o benefício à população de baixa renda seria de 3MCR\$/mil pessoas, ou seja, 3 milhares de cruzeiros beneficiando mil pessoas. No entanto, na ocorrência de s_2 , o benefício passaria para 5MCR\$/mil pessoas e, na ocorrência de s_3 , este seria de 7MCR\$/mil pessoas.

Sob o clima de certeza, o administrador sabe, exatamente, qual estado de natureza irá ocorrer. Suponhamos, no nosso exemplo, que ele tenha certeza absoluta da ocorrência de um dos estados de natureza, por exemplo s_1 . Para isto, possivelmente, foi feita uma pesquisa, em que os resultados obtidos afirmavam, com absoluta certeza que, digamos, o projeto A_1 jamais alcançaria 30% de participação dos funcionários públicos. Então, a nossa matriz se transformará em:

	s_1
a_1	3
a_2	4
a_3	2

e a escolha recairia em a_2 , pois é a ação que representa melhor resultado para a comunidade.

Já, sob o clima de risco, o resultado da pesquisa poderia demonstrar o que é mais real, que existem possibilidades de ocorrência de todos os estados de natureza. Assim, de acordo com a pesquisa, digamos, s_1 poderia ocorrer com uma probabilidade de $P_1 = 50\%$, s_2 com $P_2 = 40\%$ e s_3 com $P_3 = 10\%$. Desta forma, nossa matriz se transformará em:

	$P_1=0,50$	$P_2=0,40$	$P_3=0,10$
	s_1	s_2	s_3
a_1	3	5	7
a_2	4	6	2
a_3	2	9	3

Aplicando a esperança matemática, $E(a_i) = \sum_{j=1}^n e_{ij} P_j$, ob-

teremos:

$$E(a_1) = (3 \cdot 0,50) + (5 \cdot 0,40) + (7 \cdot 0,10) = 4,20$$

$$E(a_2) = (4 \cdot 0,50) + (6 \cdot 0,40) + (2 \cdot 0,10) = 4,60$$

$$E(a_3) = (2 \cdot 0,50) + (9 \cdot 0,40) + (3 \cdot 0,10) = 4,90$$

Assim, a escolha recairia em a_3 , usar o projeto A_3 , pois esta estratégia apresenta o maior valor esperado para a comunidade.

No clima de incerteza, a tomada de decisão é bem mais difícil. Suponhamos, em nosso exemplo, que nenhuma pesquisa tenha sido feita, então, o administrador não tem nenhum conhecimento da participação dos funcionários, mas deve tomar uma decisão, que será em função de uma série de critérios, por exemplo:

1. pessimismo - este critério sugere que o administrador deve ser totalmente pessimista. A decisão a ser tomada baseia-se nas piores consequências de cada uma das estratégias e, destas, deve ser escolhida a melhor. Logo, escolhendo-se a_1 , a pior consequência seria 3, caso ocorresse s_1 ; escolhendo-se a_2 , a pior consequência seria 2, na ocorrência de s_3 ; na escolha de a_3 , a pior seria 2, na ocorrência de s_1 . Nossa matriz então será:

estratégia	pior resultado
a_1	3
a_2	2
a_3	2

O administrador deve escolher o critério maximum, isto é, escolher o maior valor dentre os menores, então, seria escolhido a_1 , pois, na pior das hipóteses, o benefício seria de 3 MCR\$/mil pessoas.

2. otimismo - este critério é oposto ao pessimismo. O administrador sente que as melhores possibilidades vão ocorrer. Para o nosso exemplo, teremos:

estratégia	melhor resultado
a_1	7
a_2	6
a_3	9

Sua decisão será escolher a melhor estratégia dentre as melhores. Logo, será escolhida a_3 , pois é o melhor resultado entre os melhores, ou seja, escolher a estratégia máxima.

Na realidade, não há administrador totalmente otimista. Para tornar essa decisão mais racional, foi criado um coeficiente de otimismo-pessimismo, que é uma probabilidade subjetiva que o administrador dá à ocorrência desse critério, comparada com uma probabilidade subjetiva de ocorrência do critério de pessimismo.

3. subjetivista - este critério é baseado no princípio da razão insuficiente. Segundo este princípio, não há razão para se olhar um s_j como mais provável que o outro, ou seja, todos os s_j devem ser assumidos como equiprováveis.

Desta forma, $P(s_1) = P(s_2) = P(s_3) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j$. Para o nosso exemplo, $P(s_1) = P(s_2) = P(s_3) = \frac{1}{3}$ e a decisão passa a ser considerada igual ao clima de risco.

Existem outros critérios que, por algumas razões, não vamos comentar.

É difícil dizer exatamente qual critério deve ser utilizado pelo administrador responsável pela tomada de decisões. Não podemos afirmar que um critério é superior a outro, a não ser, no caso de certeza e de risco. Isto vai depender quase exclusivamente de condições subjetivas da pessoa que toma uma decisão.

Porém, no caso específico de seleção de projetos de pesquisa, o objetivo é escolher os melhores projetos que atendam a critérios estabelecidos que são, muitas vezes, difíceis de serem quantificados, pois existem claros fatores de complexidade e incerteza, como sejam, em "melhorias dos processos tecnológicos ou o aproveitamento de recursos ociosos". Não temos meios triviais de avaliar os ganhos que este critério, levado em consideração, fornecerá. Já "aspecto de risco" é um critério que por si só já traduz incerteza. O problema da incerteza é contornado através da quantificação dos pesos dados aos subcritérios, pois se admite que a equipe que os quantificou era considerada perita no assunto. A incerteza tratada nesta parte do trabalho está ligada à atuação da equipe que deverá analisar os projetos, pois ela não terá a mesma qualificação da primeira.

A primeira equipe, composta por peritos em projetos de pesquisa, responde aos questionários enviados pelo solicitante, conforme Anexos "A" e "C". Esta equipe faz uma análise da elaboração dos critérios e dos pesos desses critérios, respondendo com uma nota. Depois, é feita a computação dos resultados através da "técnica Delphi" para termos o peso de cada critério prin-

principal e de seus respectivos subcritérios. Estes pesos encontram-se documentados na "Figura - 3, pág. 83", para o nosso trabalho.

A segunda equipe, composta de pessoas que trabalham no setor de projetos, faz o julgamento dos critérios estabelecidos dos projetos propostos, dando uma nota que varia de 0 (zero) a 10 (dez) como mostra a "FIGURA - 4", pág. 65.

O julgamento simples de cada critério, pela segunda equipe, é balanceado pelos pesos relativos dos critérios dados pela primeira equipe. Daí, se a segunda equipe valoriza mais um determinado subcritério, este poderá ser determinante na escolha do melhor projeto, porém, com os pesos definidos pela primeira equipe, temos certeza do quanto o critério em julgamento é importante no contexto. Logo, a utilidade dada pela segunda equipe é transformada em utilidade ajustada pelo uso dos pesos dados pela primeira equipe.

Dentre as possíveis abordagens, o conceito de "utilidade" é o mais amplo e prático para quantificar os fatores de complexidade e incerteza (critérios) na seleção de projetos de pesquisa.

O princípio da racionalidade exige a maximização da utilidade esperada.

"Uma decisão será qualificada como racional quando a ação escolhida entre o conjunto das ações viáveis for aquela que apresentar a maior (menor) utilidade, em relação a algum objetivo a ser maximizado (minimizado) "[13]. Escolhe-se aquela alternativa na qual a soma dos valores objetivos ponderados é máxima.

2.2.1 - O modelo básico da Teoria da decisão e o proposto

Para se chegar à regra de decisão, é necessário

conhecer a função consequência (rendimento) e a função utilidade. A obtenção dessas funções não é trivial.

São elementos de um problema decisório:

- As ações possíveis a_i , $i = 1, n$, que contêm parâmetros ou variáveis controladas pelo decisor;
- Os estados naturais s_j , $j = 1, m$ nos quais a ação a_i , escolhida, se realiza. Contêm parâmetros fora do controle do decisor, mas são essenciais para as consequências ou rendimentos e_{ij} ;
- Os rendimentos e_{ij} das ações a_i que são essenciais ao decisor e em certo sentido podem ser um conceito qualitativo em relação à utilidade;
- A valoração atribuída aos e_{ij} , ou seja, as utilidades u_{ij} a qual é um valor numérico.

A função consequência é dada por: $e = e(a, s)$ (1)

e a função utilidade por $u = u(e(a, s))$ (2). Na notação matricial, temos:

		P ₁ P ₂ ... P _m				
		s ₁ s ₂ ... s _m				
a_1	e ₁₁ e ₁₂ ... e _{1m}				a_1	u ₁₁ u ₁₂ ... u _{1m}
a_2	e ₂₁ e ₂₂ ... e _{2m}				a_2	u ₂₁ u ₂₂ ... u _{2m}
⋮	⋮ ⋮ ⋮				⋮	⋮ ⋮ ⋮
a_n	e _{n1} e _{n2} ... e _{nm}				a_n	u _{n1} u _{n2} ... u _{nm}
MATRIZ DE RENDIMENTOS		→	Função Utilidade		→	MATRIZ DE UTILIDADE →

	u
a_1	u ₁
a_2	u ₂
⋮	⋮
⋮	⋮
a_n	u _n
VETOR DE DECISÃO	

A partir de (1) e (2), é possível desenvolver uma função utilidade para as ações a_i , ou seja, $u(a_i) = f_i(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im})$ (3), a qual deverá levar em consideração alguns ou todos possíveis resultados da ação a_i .

Para esta situação, devemos avaliar cada ação i pela expectância das u_{ij} de todas as possíveis consequências u_{ij} do curso de ação a_i , ou seja,

$u(a_i) = u_{i1}P_1 + u_{i2}P_2 + \dots + u_{im}P_m = \sum_{j=1}^m u_{ij}P_j$, onde u_{ij} são utilidades e P_j as probabilidades associadas a cada estado da natureza s_j .

Este é o modelo completo e básico da teoria da decisão conforme a teoria de utilidade de V. NEUMANN e MORGENSTERN.

O modelo aqui proposto, para estar de acordo com o princípio da racionalidade, precisa conhecer a função utilidade e uma função de transformação, que transforma estas utilidades em outras.

São elementos deste problema decisório:

- a_1 . As ações possíveis, que são os projetos candidatos $A_i, i=1, n$;
- b_1 . Os critérios principais $P_k, k = 1, h$ com $h \leq m$ e seus subcritérios $s_j, j = 1, m$ nos quais a ação A_i , escolhida, se realiza com seus respectivos pesos- c_j ;
- c_1 . As utilidades u_{ij} , que são valores numéricos das ações A_i , são essenciais ao decisor;
- d_1 . A valoração atribuída aos u_{ij} , ou seja, as utilidades ajustadas \hat{u}_{ij} , é também é um valor numérico.

A função utilidade é dada por $u = u(A, s)$ (1.1)

e a função utilidade ajustada por: $\hat{u} = \hat{u}(u(A, s))$ (2.1).

Na notação matricial temos:

$$[u_{ij}]_{n \times m} \rightarrow [\bar{u}_{ij}]_{n \times m} + [u_i]_{n \times 1}, \text{ explicitando:}$$

	s_1	s_2	\dots	s_{k_1}	s_{k_1+1}	\dots	s_{k_2}	s_{k_2+1}	\dots	s_{k_3}	s_{k_3+1}	\dots	s_m
A_1	u_{11}	u_{12}	\dots	u_{1k_1}	u_{1k_1+1}	\dots	u_{1k_2}	u_{1k_2+1}	\dots	u_{1k_3}	u_{1k_3+1}	\dots	u_{1m}
A_2	u_{21}	u_{22}	\dots	u_{2k_1}	u_{2k_1+1}	\dots	u_{2k_2}	u_{2k_2+1}	\dots	u_{2k_3}	u_{2k_3+1}	\dots	u_{2m}
\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots
A_n	u_{n1}	u_{n2}	\dots	u_{nk_1}	u_{nk_1+1}	\dots	u_{nk_2}	u_{nk_2+1}	\dots	u_{nk_3}	u_{nk_3+1}	\dots	u_{nm}

	P_1	P_2	\dots	P_k								
c_1	c_2	\dots	c_{k_1}	c_{k_1+1}	\dots	c_{k_2}	c_{k_2+1}	\dots	c_{k_3}	c_{k_3+1}	\dots	c_m
s_1	s_2	\dots	s_{k_1}	s_{k_1+1}	\dots	s_{k_2}	s_{k_2+1}	\dots	s_{k_3}	s_{k_3+1}	\dots	s_m

	\bar{u}_{11}	\bar{u}_{12}	\dots	\bar{u}_{1k_1}	\bar{u}_{1k_1+1}	\dots	\bar{u}_{1k_2}	\bar{u}_{1k_2+1}	\dots	\bar{u}_{1k_3}	\bar{u}_{1k_3+1}	\dots	\bar{u}_{1m}
A_2	\bar{u}_{21}	\bar{u}_{22}	\dots	\bar{u}_{2k_1}	\bar{u}_{2k_1+1}	\dots	\bar{u}_{2k_2}	\bar{u}_{2k_2+1}	\dots	\bar{u}_{2k_3}	\bar{u}_{2k_3+1}	\dots	\bar{u}_{2m}
\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots
A_n	\bar{u}_{n1}	\bar{u}_{n2}	\dots	\bar{u}_{nk_1}	\bar{u}_{nk_1+1}	\dots	\bar{u}_{nk_2}	\bar{u}_{nk_2+1}	\dots	\bar{u}_{nk_3}	\bar{u}_{nk_3+1}	\dots	\bar{u}_{nm}

	$U(A_i)$
A_1	u_1
A_2	u_2
\vdots	\vdots
A_n	u_n

Neste ponto, podemos observar duas importantes diferenças entre a presente abordagem e o modelo básico da teoria da decisão. Vimos que a abordagem em estudo não utiliza em princípio a matriz de rendimentos como existe na teoria de V. NEUMANN MORGENSTERN. Parte, isto sim, da matriz de utilidade medida em pontos, que sugere já ter havido a transformação automática dos possíveis rendimentos em utilidades. A outra diferença é que não lidamos com estados da natureza nem probabilidades como em V. NEUMANN-MORGENSTERN, e sim, lidamos com critérios e subcritérios definidos com pesos associados que definem o grau de importância dos subcritérios entre si.

A segunda matriz, a matriz de utilidade-ajustada, obtida por uma transformação, serve para obter a utilidade global de cada projeto, bastando para isso somar parcialmente os elementos da coluna j e multiplicá-los pelo respectivo peso de cada critério principal. Existe mais uma diferença entre esta abordagem e a teoria de V. NEUMANN-MORGENSTERN. No uso da teoria, cada utilidade u_{ij} é multiplicada por uma probabilidade P_j , gerando a utilidade da ação a_i , obtida por $u(a_i) = \sum_{j=1}^n P_j u_{ij}$. Porém, notamos que existe notável similaridade nas operações matemáticas, o que sugere ser esta abordagem conveniente para contornar o problema de seleção de projetos de pesquisa.

Outro fator diferente aplicado na abordagem é que, para obter a utilidade em um critério específico, simplesmente somamos as utilidades ajustadas de cada subcritério do critério sob consideração e multiplicamos pelos seus respectivos pesos.

Nesta abordagem, a não utilização da matriz de rendimentos suplanta a necessidade que teríamos de desenvolver funções certamente complexas para transformar a matriz de rendimentos em matriz de utilidade e mais ainda sem ter a certeza de que estas realmente traduziriam as informações dos rendimentos em medidas de utilidade.

As metas da primeira matriz constituem um julgamento próximo do real, pois baseiam-se em avaliações simples através de técnico especializado, que expressa o nível de satisfação de cada critério que um dado projeto alcança.

Este primeiro julgamento fornece uma matriz de utilidade que, se supõe quase sem tendências pessoais a qual com a aplicação dos pesos gera uma segunda matriz de utilidade, que assim ajustada, dá um resultado mais confiável do que se tivéssemos desenvolvido tudo por funções matemáticas explícitas.

Os critérios e subcritérios são itens da avaliação de um projeto, os quais fazem parte de um catálogo que serve de referência para atribuição de notas pelo pessoal técnico especializado. Não existe aqui o fato de determinado critério ou subcritério deixar de ser considerado por força maior, ou seja, por motivo natural, sem possibilidade de interferência do pessoal interessado. Portanto, não se caracterizam como estados da natureza. Está claro então que probabilidades associadas aos critérios ou subcritérios não fazem sentido. Os pesos foram adotados para ajustar o nível de importância dos critérios e subcritérios entre si.

A sequência adotada na teoria de V. NEUMANN e MORGENSTERN para selecionar uma ação foi o ponto de partida para o desenvolvimento desta abordagem. Nota-se forte semelhança nas transformações ocorridas a partir da matriz de utilidade até a determinação da utilidade de um projeto, que se assemelha à utilidade de uma

ação em V. NEUMANN e MORGENSTERN. Além disso, toda a nossa preocupação estava voltada para a tomada de decisão, ou seja, " escolha de um grupo de projetos a serem financiados". O modelo de V. NEUMANN e MORGENSTERN foi criado exatamente para auxiliar na tomada de decisão e, portanto, sua estrutura é adequada para o modelo que deve ser criado para a FUNAM. Os estados da natureza e as probabilidades em V. NEUMANN e MORGENSTERN foram substituídos pelos subcritérios e pesos, respectivamente, nesta abordagem.

2.3. - O MÉTODO DELPHI

Wright [05] diz que "a ciência e a arte de planejar, como processo sistemático, são relativamente recentes e as técnicas não são ainda numerosas e algumas são insuficientemente desenvolvidas". Existem algumas que, aos poucos, vão conseguindo relevância diante das demais, tornando seu emprego mais constante.

O Método Delphi é uma delas. Foi desenvolvido por Olaf Helmer, Norman C. Dalkey e Theodore J. Gordon [04]. Seu objetivo básico é a obtenção de um consenso, não necessariamente unânime, entre especialistas de determinada área de saber. Este consenso tem como ponto ótimo a mediana, enquanto a solução quase ótima é representada pelo intervalo interquartilico. É o método de conseguir e conhecer, ao certo, a opinião de grupos, estando fundamentado no seguinte princípio lógico: n cabeças são melhores do que uma quando o conhecimento preciso não é determinístico. Este método substitui o confronto e o debate direto por um programa planejado de perguntas contínuas e separadas, feitas, geralmente, por meio de questionários. Suas características são: anonimato: seus participantes não se comunicam entre si durante a realização do painel, para evitar que a opinião de um influencie na do outro, diminuindo com isto o efeito de indivíduos dominantes;

feedback controlado: controlado pelo fato de conduzir a experiência numa série de rodadas. O pesquisador fornece aos participantes os resultados das rodadas anteriores, somente daquilo que se refere às metas e aos objetivos do estudo;

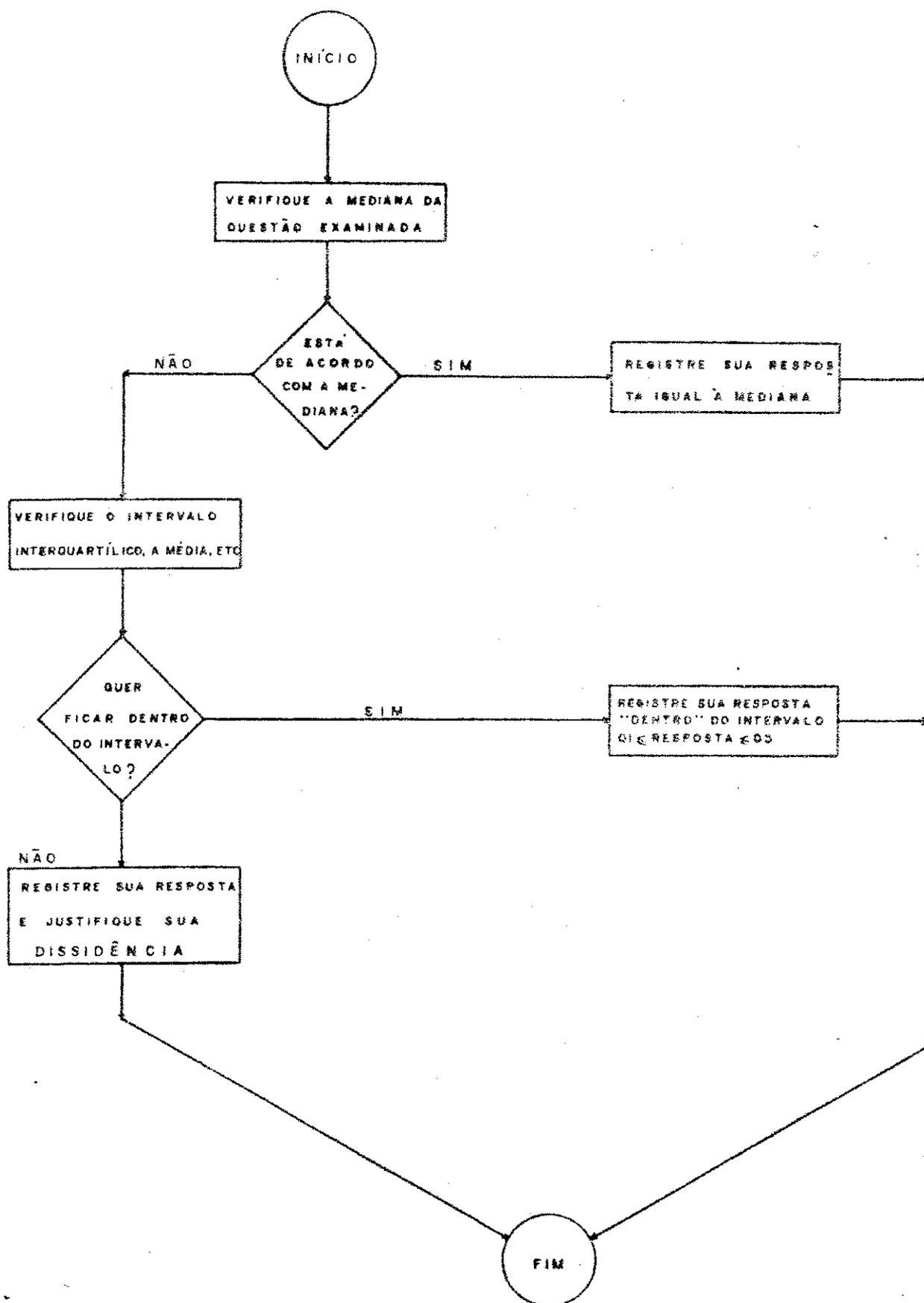
[05] WRIGHT, R.G.; CECHIN, E.M., *Uma experiência com a Técnica Delphi*, UFRGS, 1968, p.1

respostas coletivas: garantem que a opinião de cada participante da equipe será levada em consideração ao final, tanto na previsão que contenha o ponto de vista da maioria como da minoria, desde que esta prevaleça. Podem ser apresentadas em termos de mediana e de quartis.

O número de "rounds" depende de variáveis que abrangem desde o custo do painel até o tempo de que dispõe o pesquisador. Muitas vezes no 2º "round" os especialistas chegam a um consenso, que permite a suspensão do painel. Por outro lado, há ocasiões em que no 2º ou 3º "round" o grupo chega à evidência de que nunca ocorrerá consenso. Portanto, nem sempre há necessidade de aplicação de muitos "rounds".

O número de participantes especialistas pode variar de um pequeno grupo até um grande grupo, dependendo do tipo do problema.

Sua teoria básica se apóia em duas hipóteses: a) com medição repetida, a variância e a diferença de respostas diminuem e convergem para o valor médio da distribuição; b) a resposta coletiva total, ou média, leva à resposta "correta" ou "verdadeira". Os participantes passam pelo processo decisório, retratado na figura 1, várias vezes.



“FIG. 1- FLUXOGRAMA PARCIAL DO PROCESSO DECISÓRIO”

No presente trabalho é aplicada a mencionada técnica para obter o consenso sobre o peso de critérios principais e seus subcritérios de um projeto de pesquisa a ser desenvolvido na FUNAM.

Estes resultados servirão de subsídios para o modelo de análise de utilidade que será descrito no 2.6.2.

2.4. - APLICAÇÕES ANTERIORES DO MÉTODO DELPHI

O método Delphi tem sido amplamente utilizado em previsões tecnológicas e relativas ao meio ambiente. Ele vem sendo aplicado na seleção de um sistema de alvo industrial ótimo e no cálculo do número de bombas-A, inimigas necessárias para reduzir a produção de munições dos Estados Unidos a uma quantidade determinada [07]. Em 1954, a Rand Corporation empregou várias equipes de especialistas para fazer eventuais previsões relativas à situação mundial dos próximos 25 a 50 anos [07].

O método Delphi também foi utilizado pela Charles F. Kettering Foundation com a finalidade de desenvolver algumas perspectivas sobre as possíveis alterações do ensino americano [07].

PFEIFFER (1968) relata sobre a questão do uso de drogas modificadoras da personalidade.

Um grupo de alunos do curso de pós-graduação em Educação, área de planejamento do 4º bimestre de 1976 da UFRGS, fez um trabalho sobre "a educação no Brasil no ano 2030, em termos de sistemas, recursos, pessoal, etc", [05].

Os resultados da aplicação deste trabalho estão sintetizados a seguir:

. Expansão Educacional no Brasil nos anos: 1976 - 1990

Com relação a este item, conclui-se que:

- o progresso do sistema educacional dependerá da conclusão, com êxito, de uma série de disciplinas ou atividades. Cada estágio deve estar concluído antes de se passar ao seguinte.

Atingiram um percentual = P = 0.88

- Os alunos ficarão mais tempo na escola enquanto seus pais trabalham. A escola será responsável pela educação formal e pelas atividades de lazer.

Atingiram um percentual = P = 0.78

1991 - 2013

- Aproximadamente 100% da população qualificada frequentará escolas de 1º grau, 80% frequentará escolas de 2º grau e 40% frequentará universidade.

Atingiram um percentual = P = 0.88

- O analfabetismo generalizado será eliminado.

Atingiram um percentual = P = 0.83

2011 - 2030

- A "autoridade central" terá substancial interesse na educação de todos. Os recursos e tecnologia possíveis serão usados para a consecução deste objetivo.

Atingiram um percentual = P = 0.94.

. Inovações Tecnológicas para o Brasil nos anos:

1976 - 1990

- A universidade é dirigida para a pesquisa e tecnologia devido à necessidade de formar técnicos.

Atingiram um percentual = P = 1,00

1991 - 2013

- O aluno, que demonstrar interesse por um determinado assunto, poderá obter instrução programada e instrução com auxílio do computador.

Atingiram um percentual = P = 0.94

- Máquinas de ensinar estarão à disposição e os professores serão usados como pessoal auxiliar.

Atingiram um percentual = P = 0.88

2011 - 2030

- As salas de aula terão circuitos fechados de televisão, resultando numa variedade de programas para escolher.

Atingiram um percentual = P = 0.83

. O Ensino no Brasil nos anos:

1976 - 1990

- Os professores serão selecionados de acordo com frequentes mudanças no currículo.

Atingiram um percentual = P = 1.00

- Um dos principais objetivos educacionais é o desenvolvimento da criatividade, especialmente no 1º grau.

Atingiram um percentual = P = 1,00

1991 - 2013

- A educação informal predominará sobre a formal.

Atingiram um percentual = P = 0.88

- Crianças de 4 a 5 anos terão acesso a brinquedos que aumentem sua habilidade de ler e adquirir conhecimentos.

Atingiram um percentual = P = 0.83

- A educação será um verdadeiro sistema com total integração entre os três níveis de escolaridade.

Atingiram um percentual = P = 0.94

2011 - 2030

- A educação informal é mais e mais estimulante e predominantemente grupal, diminuindo a individualidade.

Atingiram um percentual = P = 0.83

- Cada aluno determinará o próprio currículo. Ex-professores serão meros facilitadores de aprendizagem. Trabalhos e projetos serão praticamente orientados.

Atingiram um percentual = P = 0.83

Foram sujeitos da pesquisa 18 alunos, todos graduados, possuindo experiência na área educacional e do magistério secundário e superior.

2.5 - APLICAÇÃO DO MÉTODO NO SETOR DE PROJETOS DE PESQUISA DA FUNAM.

2.5.1 - Procedimentos

Amostra: Foram sujeitos da pesquisa 7 especialistas (peritos) em projetos de pesquisa da UFRN e de órgãos estaduais, obedecendo ao seguinte: a) especialistas "teóricos", isto é, professores em atuação em cursos de elaboração de projetos de avaliação; b) especialistas "teórico-práticos", isto é ocupantes de cargos técnicos ou técnico-administrativos que demandam aplicação de conhecimentos atinentes a projetos de pesquisa. Esta composição se justifica porque é objetivo desta pesquisa obter graus ponderados aos critérios prioritários de um projeto de pesquisa da FUNAM. Quanto mais ampla e variada a experiência do grupo,

que compuser o painel, mais válida será a contribuição para o estudo.

Instrumentação: Para a obtenção das respostas às questões levantadas pelo presente estudo foram elaborados 03 questionários. No primeiro, foi formulada uma pergunta aberta à primeira equipe (equipe 1) sobre critérios para selecionar um projeto de pesquisa (Anexo A). "Sabendo-se que um projeto de pesquisa possui três critérios principais, a saber: viabilidade técnico-científica, econômica e financeira. Classifique os subcritérios a seguir, enquadrando-os em um dos critérios". O resultado obtido foi, assim chamado, um catálogo de critérios (figura 2), "Anexo B", página 79.

No segundo, foi realizado um levantamento das respostas da pergunta e as mesmas foram arroladas numa síntese contendo 28 subcritérios. Este levantamento foi apresentado aos especialistas (peritos) para serem marcados pontos de 1 a 5 para cada subcritério conforme a importância ou valor, sendo que marcar o valor 5 (cinco) significa dizer que o critério é de suma importância, Anexo C, página 80 a 82.

No terceiro, foram tabulados os valores apresentados na etapa anterior e devolvido o instrumento para que os sujeitos, fora do consenso, reconsiderassem sua opinião, ou permanecessem com a minoria, justificando-a. As respostas estatísticas de cada evento foram o intervalo interquartilico, a mediana e a moda.

Coleta de dados

O 1º "round" iniciou-se com a entrega dos questionários aos especialistas, equipe 1, em agosto de 1980. Foi formulada uma pergunta aberta sobre critério para selecionar projetos

de pesquisa conforme Anexo A. Só no final de setembro, entretanto, o coordenador, no caso, o orientando, estava de posse de todas as respostas.

Os questionários dos participantes foram entregues em mãos. Após respondê-los, alguns enviaram pelo correio e outros, pelo malote da UFRN ao DMPA.

As respostas dadas permitiram enquadrar os 28 (vinte e oito) subcritérios nos três critérios principais (viabilidade técnico-científica, econômica e financeira). A partir daí, criou-se um "catálogo de critérios" conforme figura 2, página 79.

No 2º "round", os questionários foram distribuídos a partir de setembro de 1980, solicitando-se um prazo máximo de duas semanas para a devolução. O último foi devolvido no final de dezembro de 1980. A maneira de proceder quanto à entrega e devolução do instrumento foi idêntica à empregada na primeira vez. Neste "round" os participantes receberam as respostas estatísticas de cada evento, isto é, o intervalo interquartilico, a mediana e a moda dos itens.

Foram atribuídos pesos de 1 a 5, conforme instruções (Anexo C), aos 31 (trinta e um) itens pelos especialistas. Posteriormente foi dado um tratamento estatístico a cada um deles.

Tratamento estatístico

Recebidas as respostas do primeiro questionário, o tratamento foi apenas classificar cada subcritério pela contagem de pontos aos seus respectivos critérios.

Após o recebimento das respostas do segundo questionário, foi dado o seguinte tratamento a cada um dos 31 itens: (a) cálculo da mediana; (b) cálculo da moda; (c) cálculo

do intervalo interquartilico, a fim de oferecer, iterativamente, a cada participante, o "feedback" do grupo em termos estatísticos.

Foi usado o seguinte critério para estabelecer o consenso. Sejam X_1, X_2, \dots, X_7 os pesos dados pelos especialistas a um determinado item. Com base no critério do intervalo interquartilico, usaremos o seguinte: 1º) se $X_i \in [Y_2, Y_6], \forall i$, onde Y_2 e Y_6 são as 2ª e 6ª estatísticas de ordem [08], respectivamente, toma-se a mediana como ponto consensual.

(2º) Caso a hipótese em (1º) não se verifique, far-se-á novo "round". Se o problema persiste, solicita-se aos especialistas uma justificativa.

Em (1º) os valores iguais ou superiores a Y_2 (primeiro quartil) e iguais ou inferiores a Y_6 (terceiro quartil) foram considerados no consenso; os valores situados abaixo de Y_2 , coincidentes com valores iguais ao situado em Y_2 e valores situados acima de Y_6 coincidentes com os valores iguais ao situado em Y_6 foram considerados no consenso.

São consideradas questões de maior consenso aquelas em que a mediana, a moda e o intervalo interquartilico têm o mesmo valor.

Este tratamento estatístico é abrangente para todos os "rounds".

Resultados

Este item apresenta os resultados do primeiro e segundo "round" da aplicação da Técnica Delphi.

Primeiro "Round"

Submetidos a tratamento estatístico, os 28 (vinte e oito) subcritérios do questionário, foram classificados e os resultados estão indicados no Anexo B, conforme fig.2, pág. 79.

Segundo "Round"

Satisfizeram ao critério de maior consenso os sub-critérios que se observam na Tabela 1.

Critérios Principais	Subcritérios	Intervalo Interquartílico	Mediana (Md.)	Moda (mo)	Nº de participantes (Consenso)
Viabilidade Técnico-Científica	01.1	5 - 5	5	5	7
	01.6	4 - 4	4	4	7
Viabilidade Econômica	02.19	5 - 5	5	5	7
	02.21	5 - 5	5	5	7
	02.24	5 - 5	5	5	7

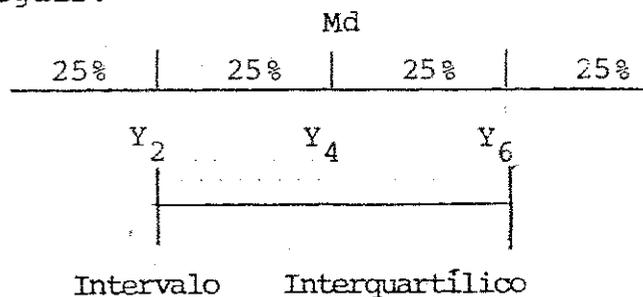
"TABELA 1 - SUBCRITÉRIOS QUE ATINGIRAM MAIOR CONSENSO"

Observando a Tabela 1, em viabilidade financeira, nenhum subitem obteve o consenso geral. O critério principal viabilidade Econômica manteve o maior número de atribuições dentro do maior consenso selecionado.

Submetendo a tratamento estatístico, as notas atribuídas (questionário) conseguiram atingir um consenso significativo.

O tratamento constituiu-se do seguinte:

- Cálculo da mediana, valor abaixo e acima do qual estão 50% das notas;
- Cálculo do intervalo interquartílico, facilmente compreendido no esquema a seguir:



O consenso grupal encontra-se no intervalo interquartilico, onde se localizam valores iguais ou superiores a Y_2 e iguais ou inferiores a Y_6 .

A dissidência é configurada se o participante atribui valores inferiores ao valor de Y_2 ou superiores ao de Y_6 .

Em 28 subcritérios, a percentagem de concordância foi superior a 82%, isto é, houve consenso de 5 ou 6 especialistas, resultado bastante significativo se considerarmos que o universo da pesquisa foi de 7 especialistas.

A maior dissidência foi encontrada em apenas três questões, conforme mostra a tabela 1.1.

Critério Principal	Subcritério	Intervalo Interquartilico	Mediana (M _d .)	Moda (Mo.)	Nº de participantes (Consenso)
Viabilidade Técnico Científica	01.2	2 - 3	2	2	5
	01.3	3 - 4	4	4	5
Viabilidade Financeira	3.25	4 - 4	4	4	5

"TABELA 1.1 - SUBCRITÉRIOS QUE ATINGIRAM MAIOR DISSIDÊNCIA"

Embora o intervalo interquartilico, a mediana e a moda apresentassem o mesmo valor, - o que foi uma constante no 2º "round" - no subcritério 03.25 houve apenas 5 participantes no consenso. Verificou-se uma dissidência de dois integrantes do painel.

Dentre as afirmações expressas pelos elementos do painel, representaram contribuições para o presente estudo as seguintes:

Estas tabelas mostram que os subcritérios de maior consenso têm validade para a FUNAM, embora os outros subcritérios também apresentem sua importância. Mas ocorre que eles também podem ser aplicados a outros órgãos. Mas, sabemos que a FUNAM necessita ter, para execução, projetos que apresentem boa exequibilidade, onde hajam ótimos aspectos de redação, verificando-se também uma menor dependência de matéria-prima, equipamentos e reagentes importados. É necessário também que o projeto revele uma aplicabilidade imediata que possa trazer benefícios à população de baixa renda, que é a de maior carência tanto no aspecto de saúde como no aspecto de nutrição.

Admite-se que, se esses subcritérios fossem avaliados por outros peritos de instituições semelhantes ou mesmo opostos à FUNAM, poderiam se apresentar com consensos outros, tendo em vista que os critérios da tabela I só têm validade para o seu painel.

Todos os resultados estão documentados em forma de percentagem no "Catálogo de Critérios" de forma normalizada - figura 3, página 83. Esses resultados obtidos permitem formular conclusões. Apesar da diversidade de percepção, existem determinados critérios que são considerados prioritários para a análise de um projeto de pesquisa, destacando-se entre eles: a) Exequibilidade; b) Inerentes às necessidades da região; c) Benefícios à população de baixa renda; d) Intensidade de capital, etc.

Esta seleção feita pelos especialistas está de acordo com Nilson Holanda [06], que fala sobre o problema de estabelecer critérios de prioridade de instituições ou desenvolvimento do Brasil.

2.6 - A VALORIZAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS NA SELEÇÃO DE UM PROJETO DE PESQUISA.

2.6.1 - Fatores de Influência

Num trabalho prático, os fatores de complexidade e incerteza dos projetos de pesquisa contribuíram para o desenvolvimento de modernas técnicas quantitativas na análise de decisão. Neste trabalho os critérios serão listados em forma de tabela. Os fatores técnicos, econômicos e financeiros são subdivididos, levando-se em conta os benefícios, riscos, incerteza, investimentos, etc. e méritos de cada projeto.

Em geral os orçamentos para pesquisa não são muito flexíveis. Dessa forma, os projetos não podem ser todos desenvolvidos, sendo necessário fazer uma seleção, obedecendo ao programa orçamentário da organização. Não é adequado selecionar um projeto por uma simples análise isolada de um critério particular, mas sim, verificar e comparar todos os critérios dentro de um projeto proposto. Devemos analisar todo o conjunto de projetos disponíveis e selecionar o subconjunto de projetos que traga maiores benefícios e satisfaça as restrições impostas pela organização. Chamaremos de "Portfólio" esse subconjunto de projetos.

Desse modo, vemos que há necessidade de um planejamento para garantir que os recursos sejam empregados eficientemente, visando à obtenção de melhores benefícios pelo investimento empregado.

2.6.2 - Um modelo de análise de utilidade

A teoria econômica postula uma medida ideal de valor como sendo a Utilidade (quantidade de satisfação resultante de um específico valor - resultado da interação do i-ésimo curso de ação e o j-ésimo estado da natureza). O conceito da utilidade é antigo e será usado no cálculo da seleção de projetos de pesquisa da FUNAM.

A seguir, a análise de utilidade será descrita, usando-se o exemplo de seleção de projetos de pesquisa, sendo investigados diferentes modelos.

Distinguimos as seguintes fases numa aplicação da análise de utilidade:

0. *Definição dos objetivos*
1. *Catálogo de critérios*
2. *Matriz de utilidade*
3. *Matriz de utilidade-ajustada.*

Definição dos objetivos

O objetivo principal da FUNAM é, através de recursos próprios, promover e financiar projetos de pesquisa para a saúde ou de interesse específico. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é selecionar os melhores projetos que atendam aos critérios estabelecidos, dando, assim um conjunto de projetos que serão financiados pela entidade ou por órgãos para este fim.

Catálogo de critérios

Os fatores de influência são, frequentemente, bastante heterogêneos. Para conciliar esses fatores, desenhou-se um catálogo hierárquico de critérios a fim de comparar as alternativas (figura 2), página 79.

Este catálogo define critérios principais (no caso em estudo-3), os quais são subdivididos em subcritérios (no caso em estudo-28). Em cada nível é colocado o peso (grau).

Recomenda-se fazer a definição dos critérios, subcritérios e dos respectivos pesos num pequeno grupo de trabalho para equilibrar preferências individuais. Um bom método para isso é a "Técnica Delphi" [04], descrita nos itens 2.3 e 2.4. Esses pesos são fixados antes que se tomem conhecimentos de quais são os projetos, para evitar uma manipulação inconsciente dos resultados.

Matriz de utilidade

Encontra-se para cada um dos projetos propostos o grau de realização dos subcritérios do catálogo de critérios. Para isso, cada projeto é submetido à equipe de análise que atribui a cada subcritério do catálogo uma nota, variando de 0 (zero) a 10 (dez) pontos. Essas notas dadas pela equipe, a qual é composta de pelo menos 5 (cinco) pessoas, indicam quão bem um determinado subcritério é satisfeito. A nota final de cada subcritério é obtida pela média aritmética das notas dadas, excluindo-se a maior e a menor. Esta exclusão é para evitar as notas das pessoas que tenham tendências de encarar tudo pelo lado positivo

(otimistas) e outras pelo lado negativo (pessimistas). Esta estratégia evitou que antes tivéssemos uma matriz de rendimentos com muitas unidades diferentes envolvidas e que sofresse uma transformação em utilidades por funções difíceis e complexas.

Cada projeto analisado dessa forma, gera uma matriz, que chamaremos de matriz de utilidade medida em pontos. Esta matriz de utilidade de elementos u_{ij} é multiplicada por pesos, (c_j) , conforme o catálogo, que tem como objetivo ajustar o nível de importância de cada subcritério dentro de um mesmo critério, ou seja, $c_j \cdot u_{ij}$, gerando, assim, uma segunda matriz, que chamaremos de matriz de utilidade ajustada, de elementos \hat{u}_{ij} , medida também em pontos.

Portanto, na matriz de utilidade de dimensões $n \times m$, temos:

$i = 1, 2, \dots, n$ (indicador para o número do projeto);

$j = 1, 2, \dots, m$ (indicador para o número do subcritério);

u_{ij} variável que mede a nota final, em valor de utilidade do projeto i no subcritério j , dada pela equipe de análise de projetos.

Formalmente, a matriz de utilidade U_1 é:

$$U_1 = [u_{ij}]_{n \times m}$$

Para esclarecer, suponhamos "a seguinte situação fictícia: tenham dado entrada três projetos A_1 , A_2 e A_3 . Posteriormente, é feita a análise de apenas três possíveis condições de subcritérios do catálogo, ou seja, as situações s_1 , s_2 e s_3 ; (s_1 = nível de centralização), (s_2 = período de execução) e (s_3 = investimento líquido). Em nível de centralização, o projeto A_1 pode ser feito dentro de um laboratório, chefiado por gerente que responda dire

tamente pela FUNAM. O projeto A_2 deve ser executado no campo por pesquisadores não pertencentes à FUNAM. O projeto A_3 deve ser executado na capital por pesquisadores não pertencentes à FUNAM. Eles podem responder à FUNAM, porém o controle de ambos é difícil.

Enquanto, para o período de execução, o projeto A_1 tem uma duração prevista de 2 anos, necessitando de 3 homens com tempo integral e 2 ajudantes. O projeto A_2 tem um período de execução previsto de 3 anos, necessitando de 6 homens com tempo parcial e 3 ajudantes. O projeto A_3 tem um período de execução previsto para 30 meses, necessitando de 4 homens também com tempo parcial. Em investimento líquido temos: O projeto A_1 exige líquido de Cr\$180.000,00 durante 3 anos. O projeto A_2 exige um investimento líquido de Cr\$192.000,00 durante 2 anos. O projeto A_3 exige um investimento líquido de Cr\$150.000,00 durante 5 anos".

A nota final de cada um destes subcritérios, que poderá ser dado pela equipe, através da aplicação da média aritmética das notas, excluindo-se os extremos, está inserida na matriz a seguir:

	S_1	S_2	S_3	Soma
A_1	6	8	1	15
A_2	2	3	6	11
A_3	3	2	6	11

"TABELA 2 - MATRIZ DE UTILIDADE"

Analisando as notas atribuídas pela equipe, chegamos a ter a hipótese de que o projeto A_1 será selecionado, uma vez que sua média simples é superior às médias dos demais proje-

tos. No entanto, precisamos levar em consideração a existência de critérios importantes e outros menos importantes e isto, certamente, levará a outras decisões na seleção do (s) melhor (es) projetos.

Matriz de utilidade ajustada - \hat{u}_{ij}

É necessário uma valorização para transformar as utilidades u_{ij} a valores de utilidades ajustadas - \hat{u}_{ij} .

Esta valorização parte da matriz de utilidade e é feita para cada subcritério e por coluna. Depois é feita a ponderação (ajustamento) com o peso de cada subcritério, obtido pelo método Delphi, matriz de pesos, dando assim a matriz de utilidade ajustada.

Usaremos a seguinte transformação para a obtenção dos elementos da matriz de utilidade ajustada.

$$\hat{u}_{ij} = c_j \cdot (u_{ij}) \quad (3); \text{ para}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ (indicador para o número do projeto)

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ (indicador para o número do subcritério),

onde:

\hat{u}_{ij} valor de utilidade ajustada de cada subcritério;

c_j peso de cada subcritério j obtido pelo método Delphi;

u_{ij} variável que mede a nota final, em valor de utilidade do projeto i no subcritério j , dada pela equipe de análise de projetos.

Esta matriz de utilidade ajustada - \hat{u}_{ij} serve para obter a utilidade global $U(A_i)$ de cada projeto, bastando para isso somar parcialmente os elementos da coluna j e multiplicá-los pelo respec

tivo peso de cada critério principal, ou seja;

$$U(A_i) = P_1 \cdot \sum_{j=1}^{m_1} \hat{u}_{ij} + P_2 \cdot \sum_{j=m_1+1}^{m_2} \hat{u}_{ij} + \dots + P_k \cdot \sum_{j=m_{k-1}+1}^{m_k=m} \hat{u}_{ij}, \quad (4)$$

com $1 < m_1 < m_2 < \dots < m_k = m$; onde m_k é um inteiro positivo,

onde:

$U(A_i)$ é o valor da utilidade global do projeto i ;

P_1 é o peso do critério principal 1 obtido pelo método Delphi;

P_2 é o peso do critério principal 2 obtido pelo método Delphi;

⋮
⋮
⋮

P_k é o peso do critério principal k -ésimo obtido pelo método Delphi;

onde $k = 3$, no caso específico da FUNAM, porquanto sô tomamos 3 (três) critérios principais.

Pelo princípio da racionalidade de V. NEUMANN-MORGENSTERN, temos a lista de projetos desejável em ordem decrescente de utilidade global, mas um conceito de utilidade diferente do conceito de V. NEUMANN-MORGENSTERN.

Com as informações da tabela 2 e depois da multiplicação dos pesos correspondentes a cada subcritério, vê-se quem atingiu a maior utilidade. Considere $c_1 = \text{Peso}(s_1) = 3$, $c_2 = \text{Peso}(s_2) = 2$ e $c_3 = \text{Peso}(s_3) = 5$, usando (3), temos a matriz utilidade ajustada a seguir:

	$c_1 = 3$	$c_2 = 2$	$c_3 = 5$
	s_1	s_2	s_3
A_1	18	16	5
A_2	6	6	30
A_3	9	4	30

"TABELA 3 - MATRIZ
DE UTILIDADE-AJUSTADA -

\hat{u}_{ij} "

Usando (4), com $P_k = 1 \forall k$, temos o seguinte resultado:

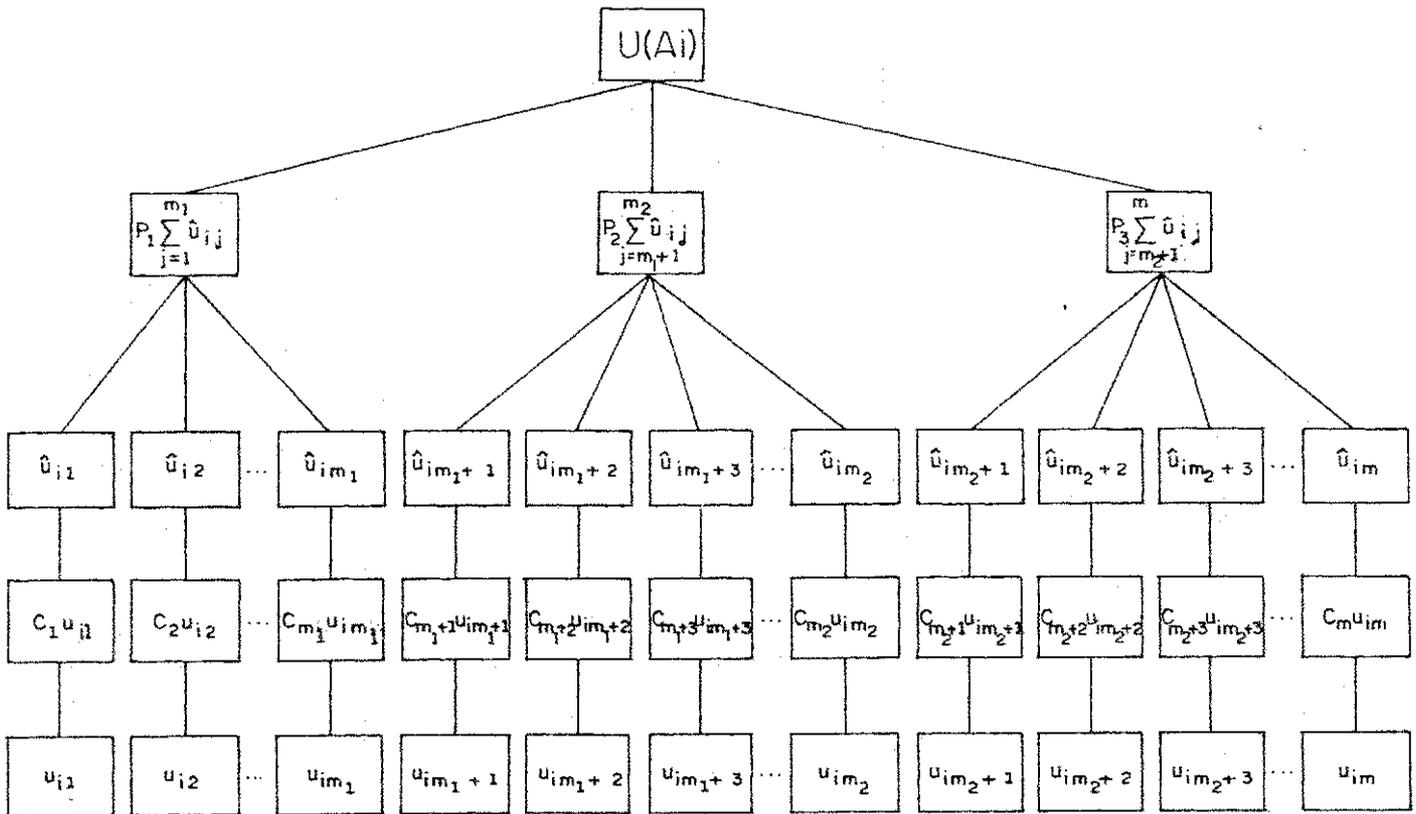
$$U(A_1) = \sum_{j=1}^3 \hat{u}_{1j} = 18 + 16 + 5 \quad U(A_1) = 39 \text{ pontos}$$

$$U(A_2) = \sum_{j=1}^3 \hat{u}_{2j} = 6 + 6 + 30 \quad U(A_2) = 42 \text{ pontos}$$

$$U(A_3) = \sum_{j=1}^3 \hat{u}_{3j} = 9 + 4 + 30 \quad U(A_3) = 43 \text{ pontos}$$

Sobre a precedente suposição, a melhor alternativa é A_3 , ou seja, escolher o projeto A_3 , pois $A_3 \succ A_2 \succ A_1$.

Podemos representar graficamente esta abordagem, com respeito aos 3 (três) critérios principais e seus subcritérios em árvore, da seguinte maneira:



$$T [u_{ij}] = C_j \cdot u_{ij} = \hat{u}_{ij}$$

Nesta abordagem, podemos observar as seguintes des vantagens:

- Parte da premissa que a síntese dos valores individuais é feita por simples adições:

- Parte da suposição que a curva ajustada de utilidade é de fato linear;

- Finalmente, existe o problema que um fator de influência pode, sem querer, entrar em vários subcritérios, o que resulta numa valorização múltipla deste fator.

2.7. O MODELO DE SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA QUE MAXIMIZA A U- TILIDADE TOTAL COM RESTRIÇÃO DE CAPITAL.

Como os orçamentos das organizações são limitados, os projetos desejáveis não podem ser todos desenvolvidos, sendo assim necessário fazer uma seleção de tal maneira que o investimento total do portfólio não exceda o orçamento desta organização (FUNAM).

Chamando de "C" o limite de capital disponível para o portfólio, queremos selecionar quais projetos serão financiados de tal maneira que se maximize o valor da soma das utilidades destes projetos e satisfaçam a restrição de capital da empre-

sa, ou seja:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n U(A_i) \cdot A_i$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n I_i \cdot A_i \leq C - \text{onde } A_i \text{ é a variável de decisão}$$

inteira e $A_i = 0$ ou 1 ;

0 se o projeto i não for selecionado,

1 caso contrário.

$$A_i \geq 0 \text{ e } A_i \leq 1 \text{ (} i = 1, 2, \dots, n \text{)}$$

I_i - investimento no projeto i .

Limitação do modelo

Não aceita dependência entre projetos, ou seja, se temos projetos (i) , $i = 1, 2, \dots, n$, qualquer um deles pode ser desprezado sem que isso traga prejuízo ao andamento dos demais.

2.8 - SOLUÇÃO DO MODELO PROPOSTO APLICANDO PROGRAMAÇÃO INTEIRA 0-1

(KNAPSACK)

O modelo é precisamente o problema de KNAPSACK [10], onde cada variável A_i assume o valor 0 (projeto i não selecionado) ou 1 (projeto i é selecionado). Embora o programa linear inteiro seja o mais simples, o problema de KNAPSACK é digno de ser estudado porque:

(a) é um caso representativo de muitas situações industriais, tais como orçamento de capital, seleção de projetos e investimentos de capital, controle orçamental e numerosos problemas relacionados com carga; (b) aparece como um subproblema que pode ser resolvido por muitos algoritmos de programação inteira.

Os algoritmos que solucionam o problema de KNAPSACK são, geralmente, de programação dinâmica, enumerativo, multiplicador de lagrange ou do tipo de rede, branch and bound.

Agora discutiremos a técnica da programação dinâmica para resolver o problema de KNAPSACK. Para visualizar melhor, vamos fazer as seguintes atribuições:

$$\begin{aligned} x_j &\leftarrow A_i \text{ (projeto } i, i = 1, 2, \dots, n) \\ c_j &\leftarrow U(A_i) \text{ (utilidade total do projeto } i) \\ a_j &\leftarrow I_i \text{ (investimento de cada projeto } i) \\ b &\leftarrow C \text{ (capital disponível para o portfólio)} \end{aligned}$$

Logo o modelo será:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{sujeito à: } \sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b$$

$0 \leq x_j \leq 1$ e inteiro ($j=1, 2, \dots, n$) onde todos os dados são inteiros e cada a_j ($j=1, 2, \dots, n$) e b são positivos.

Definimos $f(k, g)$ para ser o valor máximo da função objetivo usando somente os primeiros k ($k = 1, 2, \dots, n$) projetos (variá-

vel) com limitação de capital g ($g = 0, 1, 2, \dots, b$). Isto é

$$f(k, g) = \text{Max} \sum_{j=1}^k c_j x_j$$

sujeito a: $\sum_{j=1}^k a_j x_j \leq g, \quad 0 \leq x_j \leq 1$ e inteiro

($j = 1, 2, \dots, k$).

O problema é encontrar $f(n, b)$. Para isso devemos, em primeiro lugar, achar $f(k, g)$ para $k = 1, 2, \dots, n-1$ e $g = 0, 1, 2, \dots, b-1$. Note que $f(k, 0) = 0$ para $k = 1, 2, \dots, n$. Os coeficientes $a_j > 0$ e a positividade de g implicam que muitas soluções inteiras, determinadas por $f(k, g)$, $x_j \leq [g/a_j]$ onde $[y]$ significa o maior inteiro, menor ou igual a y . A técnica de programação dinâmica que leva em conta esse limite superior é a seguinte:

Suponhamos que, para um dado k ($k = 2, \dots, n$), $f(k-1, g)$ seja conhecido para todos os possíveis capitais $g = 0, 1, 2, \dots, b$. Queremos encontrar $f(k, g)$ para um dado g ($0 \leq g \leq b$). Para fazer isso, escrevemos:

$$f(k, g) = \text{Max} c_k x_k + \sum_{j=1}^{k-1} c_j x_j$$

sujeito a: $\sum_{j=1}^{k-1} a_j x_j \leq g - a_k x_k,$

$0 \leq x_j \leq 1$ e inteiro ($j = 1, 2, \dots, k-1$).

Para um dado valor inteiro de x_k , $f(k, g)$ se reduz para:

$$c_k x_k + \text{Max} \sum_{j=1}^{k-1} c_j x_j$$

sujeito a: $\sum_{j=1}^{k-1} a_j x_j \leq g - a_k x_k, \quad x_j \geq 0$ e inteiro

($j = 1, \dots, k-1$)

ou $c_k x_k + f(k-1, g - a_k x_k)$. Além disso

$$f(k, g) = \text{Max } (c_k x_k + f(k-1, g - a_k x_k)).$$

Para cada $k = 2, \dots, n$ e procedendo efetuções, podemos encontrar $f(k, g)$ para $g = 0, 1, 2, \dots, b$.

Para iniciar os primeiros cálculos de $f(1, g)$, usamos

$$f(1, g) = \text{Max } c_1 x_1$$

$$\text{sujeito a: } a_1 x_1 \leq g$$

$$0 \leq x_1 \leq 1 \text{ e inteiro.}$$

$$f(1, g) = \text{Max } c_1 x_1$$

$$0 \leq x_1 \leq 1.$$

Para restabelecer os valores das variáveis determinadas por $f(k, g)$, nós listamos o valor de x_k com $f(k, g)$. Então o valor de x_{k-1} é listado com $f(k-1, g - a_k x_k)$ e assim por diante, até que x_1 seja conhecido.

2.9 - COMPARAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO INTEIRA (0-1) COM UMA TÉCNICA HEURÍSTICA

Vamos considerar a seguinte situação problema:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & 3x_1 + 5x_2 + x_3 + x_4 \\ \text{sujeito à} \quad & 2x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 2x_4 \leq 5 \\ & x_1 \leq 1, \quad x_2 \leq 1, \quad x_3 \leq 1, \quad x_4 \leq 1 \\ & x_j \geq 0 \text{ p/ } j = 1, 2, 3, 4 \text{ e inteira,} \end{aligned}$$

onde $U(x_i)$ 3; 5; 1; 1 (utilidade total do projeto x_i) para $i = 1, 2, 3, 4$, respectivamente, e $C = 5$ (capital disponível) para o portfólio.

Podemos encontrar uma solução para este problema através de uma técnica heurística. Vamos considerar o seguinte algoritmo.

Algoritmo A:

Passo 1: Seja C_1 = capital disponível e $P = \emptyset$ onde P é o conjunto de projetos a ser financiado.

Passo 2: Achar as razões r_i , utilidade total/investimento para todos os n projetos, $r_i = U(A_i)/I_i$ p/ $i=1, 2, \dots, n$.
onde $U(A_i)$ é a utilidade total do projeto i e I_i é o investimento. Faça $j = 0$.

Passo 3: Faça $j = j + 1$.

Passo 4: Selecione o projeto $k \leq n$ tal que $r_k = \max_i \{r_i / I_i \leq C_j \text{ e } i \notin P\}$ e $k \notin P$. Caso r_k não exista, PARE. P é o conjunto de projetos a ser financiado.

Passo 5: Faça $P = P \cup \{k\}$ e $C_{j+1} = C_j - I_k$ e volte ao passo 3.

Vamos imaginar que a política para a seleção de projetos siga o seguinte critério heurístico: "selecionar os projetos de acordo com a razão entre utilidade total/investimento em valor máximo e que não viole o capital disponível".

Aplicando o algoritmo A, serão selecionado os projetos x_1 e x_4 .

Este algoritmo permite selecionar mais rapidamente os projetos que possuem as maiores razões entre as utilidades totais e os investimentos, sem violar as restrições de capital disponível. Note que este algoritmo não garante que $\sum_{i \in P} U(A_i)$ seja máximo, apesar de não violar a restrição de capital.

Aplicando a programação inteira 0 - 1 (KNAPSACK), descrita no problema, será selecionado o projeto x_2 . Os cálculos estão documentados no Anexo-E, páginas 84 a 87.

Esta programação garante que $\sum_{i \in P} U(A_i)$ é máximo e não viola a restrição de capital, ou seja, o capital disponível foi totalmente aplicado (5 u.m.), enquanto na programação heurística, descrita, só foram aplicadas 4 unidades monetárias (4 u.m.).

Com isto vemos que a programação inteira 0 - 1 é bem mais eficiente para solucionar problemas deste porte do que a heurística descrita.

3 - RESULTADOS

3.1 - PROBLEMA EXEMPLO

Neste capítulo, serão apresentadas as características de um problema de aplicação, utilizado para teste do modelo de seleção de projetos. Também será apresentada uma análise dos resultados obtidos pela aplicação do modelo a ser implantado.

Com a finalidade de analisar os resultados e avaliar o desempenho do modelo, estruturaremos um exemplo simulado com dimensões reduzidas.

A aplicação consta da seleção de um conjunto de projetos, considerando 4 (quatro) projetos candidatos. Todos estes projetos estão dentro dos padrões preestabelecidos para a análise. Existem, no nosso caso, 28 (vinte e oito) subcritérios para serem analisados, onde cada projeto apresenta todos os subcritérios. Foram analisados pela equipe e a cada um dos diferentes subcritérios foi atribuída uma nota para cada projeto-subcritério, obtendo assim a matriz de utilidade, conforme figura 4.

CRITÉRIOS PRINCIPAIS		VIABILIDADE TÉCNICO-CIENTÍFICA								VIABILIDADE ECONÔMICA																VIABILIDADE FINANCEIRA			
Proje- tos i	Subcrité- rios j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
		A ₁	5	6	3	8	10	7	6	4	3	6	8	7	5	4	3	8	9	5	3	2	8	10	6	5	10	8	7
A ₂	4	5	6	7	9	6	7	6	4	5	7	6	4	3	8	7	6	7	5	4	7	8	9	5	9	7	6	7	
A ₃	8	7	6	8	7	5	4	3	5	6	6	7	5	4	8	8	5	4	3	5	7	4	7	4	8	7	6	7	
A ₄	7	8	6	7	8	4	5	4	6	5	6	5	7	5	7	7	6	4	4	5	6	7	8	4	6	8	7	8	

"FIGURA 4 - MATRIZ DE UTILIDADES (u_{ij}) - NOTAS"

O resultado da aplicação da Técnica Delphi para obtenção dos pesos de cada critério e subcritério está mostrado na figura 3, do anexo D, ou seja, matriz de pesos. Os dados para o exemplo hipotético foram gerados de modo aleatório, dentro de determinadas características, buscando simular uma situação real. Para cada projeto, o investimento é considerado determinístico. A disponibilidade total de recursos para o programa de pesquisa é considerada determinística.

Estas características definem o exemplo de aplicação. A seguir, faremos a análise e interpretação dos resultados obtidos pela aplicação do modelo de seleção de Projetos para esse exemplo.

3.2 - ANÁLISE DA SOLUÇÃO

A solução parcial é obtida pela utilização da função de transformação do modelo de seleção de projetos, obtendo, assim, a matriz de utilidade ajustada. Os resultados correspondentes à sua aplicação, para o problema-exemplo, estão documentados na figura 5.

CRITÉRIOS PRINCIPAIS	01 - VIABILIDADE TÉCNICO - CIENTÍFICA								02 - VIABILIDADE ECONÔMICA																03 - VIABILIDADE FINANCEIRA						
	Subcritérios j																														
Projetos i	1	2	3	4	5	6	7	8	$\sum_{j=1}^8 \hat{u}_{ij}$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	$\sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{ij}$	25	26	27	28	$\sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{ij}$
A ₁	90	36	36	96	120	84	72	64	598	18	36	40	42	30	24	18	40	54	30	21	14	56	70	36	40	569	280	176	154	196	806
A ₂	72	30	72	84	108	72	84	96	618	24	30	35	36	24	18	48	35	36	42	35	28	49	56	54	40	590	252	154	132	196	734
A ₃	144	42	72	96	84	60	48	48	594	30	36	30	42	30	24	48	40	30	24	21	35	49	28	42	32	541	224	154	132	196	706
A ₄	126	48	72	84	96	48	60	64	598	36	30	30	30	42	30	42	35	36	24	28	35	42	49	48	32	569	168	176	154	224	722

"FIGURA 5 - MATRIZ DE UTILIDADE AJUSTADA (\hat{u}_{ij})".

Os resultados correspondentes ao valor de utilidade total de cada projeto do problema-exemplo, obtidos por (3), estão documentados, a seguir, na figura 6.

PROJETOS	01 - VIABILIDADE TÉCNICO-CIENTÍFICA 8 $P_1 = 0,36 (P_1 \cdot \sum_{j=1}^8 \hat{u}_{1j})$	02 - VIABILIDADE ECONÔMICA 24 $P_2 = 0,36 (P_2 \cdot \sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{2j})$	03 - VIABILIDADE FINANCEIRA 28 $P_3 = 0,28 (P_3 \cdot \sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{3j})$	UTILIDADE TOTAL $U(A_i)$
	A ₁	215,28	204,84	225,68
A ₂	222,48	212,40	205,52	640,40
A ₃	213,84	194,76	197,68	606,28
A ₄	215,28	204,84	202,16	622,28

"FIGURA 6 - MATRIZ UTILIDADE TOTAL - U (A_i)".

$$U(A_1) = P_1 \cdot \sum_{j=1}^8 \hat{u}_{1j} + P_2 \cdot \sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{2j} + P_3 \cdot \sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{3j} = 0,36 \times 598 + 0,36 \times 569 + 0,28 \times 806$$

$$U(A_1) = 645,80 \text{ pontos;}$$

$$U(A_2) = P_1 \cdot \sum_{j=1}^8 \hat{u}_{2j} + P_2 \cdot \sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{2j} + P_3 \cdot \sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{2j} = 0,36 \times 618 + 0,36 \times 590 + 0,28 \times 734$$

$$U(A_2) = 640,40 \text{ pontos;}$$

$$U(A_3) = P_1 \cdot \sum_{j=1}^8 \hat{u}_{3j} + P_2 \cdot \sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{3j} + P_3 \cdot \sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{3j} = 0,36 \times 594 + 0,36 \times 541 + 0,28 \times 706$$

$$U(A_3) = 606,28 \text{ pontos;}$$

$$U(A_4) = P_1 \cdot \sum_{j=1}^8 \hat{u}_{4j} + P_2 \cdot \sum_{j=9}^{24} \hat{u}_{4j} + P_3 \cdot \sum_{j=25}^{28} \hat{u}_{4j} = 0,36 \times 598 + 0,36 \times 569 + 0,28 \times 722$$

$$U(A_4) = 622,28 \text{ pontos.}$$

Pelo princípio da racionalidade de "V. NEUMANN-MORGENSTERN", temos a lista de projetos desejáveis em ordem decrescente de utilidade total, ou seja, $A_1 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_3$. Os resultados obtidos mostram que existe um comportamento bem definido no que se refere a seleções parciais. Desta forma, temos o conjunto de projetos que corresponde às soluções ótimas obtidas pelo procedimento de "V. NEUMANN-MORGENSTERN". A esse conjunto de projetos será aplicado o modelo de seleção que maximiza a utilidade total com restrição de capital, afim de que seja determinado o portfólio ótimo. É considerado ótimo, conforme (2.7), o portfólio para o qual é máximo o valor da soma das utilidades totais e que a soma dos investimentos aplicados a cada projeto não exceda o orçamento do programa da organização.

Vamos considerar a disponibilidade total de recursos para o programa CR\$ 200.000,00 (duzentos mil cruzeiros) e o investimento para cada projeto o seguinte:

Projeto A_1 : Cr\$ 100.000,00 (Cem mil cruzeiros);

Projeto A_2 : Cr\$ 200.000,00 (Duzentos mil cruzeiros);

Projeto A_3 : Cr\$ 90.000,00 (noventa mil cruzeiros);

Projeto A_4 : Cr\$ 100.000,00 (Cem mil cruzeiros).

Aplicando o modelo descrito em (2.7), chegamos à seguinte situação:

$$\text{Max } 645,80A_1 + 640,40A_2 + 606,28A_3 + 622,28A_4$$

$$\text{sujeito à: } 100A_1 + 200A_2 + 90A_3 + 100A_4 \leq 200$$

$$A_1 \leq 1, A_2 \leq 1, A_3 \leq 1, A_4 \leq 1$$

$A_i \geq 0$ $i=1,2,3,4$ e inteiro. Aplicando a Programação dinâmica descrita no texto, chegamos à solução:

$\bar{A}_1^* = 1, \bar{A}_2^* = 0, \bar{A}_3^* = 0, \bar{A}_4^* = 1$, ou seja, selecionar os projetos A_1 e A_4 , com a utilidade de 1.268,08.

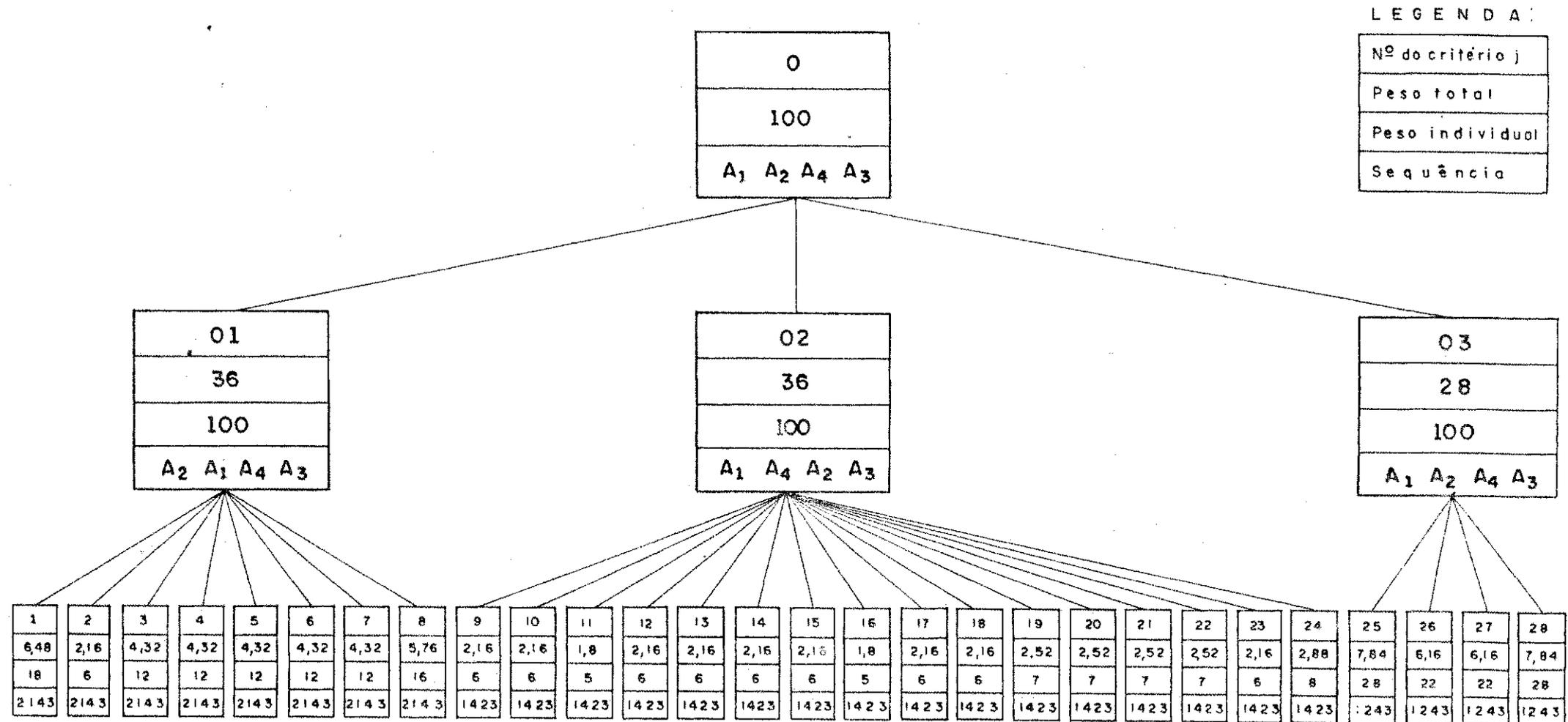
Com o método heurístico descrito em (2.9) pelo algoritmo - A, serão selecionados os projetos A_1 e A_3 com uma utilidade de 1.252,08. Vemos que não violou a restrição de capital; mas não maximiza a função objetivo. O capital disponível não foi totalmente aplicado, tendo havido uma sobra substancial que, certamente, terá outro destino e não para a pesquisa.

Com a aplicação do algoritmo 0 - 1, não só conseguimos maximizar a função objetivo como também todo o capital disponível foi aplicado.

3.3 - ÁRVORE DE VALORES

Para apresentar, graficamente, as diferentes sequências dos projetos com respeito aos critérios, podemos construir uma árvore de valores conforme figura 7. Ela mostra, entre outras coisas, que o critério principal viabilidade financeira resulta na mesma sequência $A_1 - A_2 - A_4 - A_3$ que o resultado total.

Além disso, a árvore de valores mostra que os subcritérios, "intensidade de capital" ($j = 25$) com peso 28, "aspecto de risco" ($j = 28$) com peso 28, e "exequibilidade" ($j = 1$) com peso 18 têm a maior importância.



" FIGURA 7: ÁRVORE DE VALORES "

4. CONCLUSÕES

Uma análise global do estudo apresentado, neste trabalho, nos mostra que os modelos de seleções de projetos são de suma importância na atividade de planejamento. Assim como qualquer outra técnica gerencial quantitativa, seu uso deve ser julgado como uma ferramenta de ajuda no processo decisório e não um substituto do mesmo.

Não devemos esquecer que um modelo é sempre uma abstração da realidade. Além disso, os resultados obtidos por um modelo são muito dependentes dos dados que o mesmo manipula. Desse modo, é praticamente impossível conseguir resultados sem a interferência e o julgamento gerenciais. Os resultados devem ser interpretados almejando à política e aos objetivos da organização.

Foi escolhido um modelo de programação matemática pela grande potencialidade que tem para representar os diferentes fatores de decisão, que são levados em consideração na seleção de projetos de pesquisa. Em particular, a função objetivo maximiza a Utilidade total que tem o mérito de levar em conta todos os critérios considerados.

Conforme foi suposto nesta abordagem, a transformação em utilidade-ajustada é linear, como também o modelo. Com a consideração de variáveis de decisão binária, o problema pode ser resolvido, facilmente, pelo uso de algoritmos de programação linear inteira.

A obtenção de uma solução estritamente inteira, pelo algoritmo da programação dinâmica (KNAPSACK), é um ca-

so representativo de muitas situações industriais, apesar de ser computacionalmente onerosa. Com estas ponderações, podemos considerar o modelo, que será implantado, bastante completo e de utilização simples.

Sendo o modelo desenvolvido de acordo com as necessidades da organização, o mais racional é iniciar com modelos reduzidos. Após adquirida experiência, outros pontos poderão ser incorporados, aproximando-o do caso real. Esta abordagem permite variações no modelo notadamente no catálogo de critérios.

Recomendamos formular um modelo no qual a transformação em utilidade ajustada seja explícita como função da interdependência dos critérios. Verificamos que no modelo aqui exposto temos: $\hat{u}_{ij} = c_j \cdot u_{ij}$. Nossa recomendação é que $\hat{u}_{ij} = T_j(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im})$ onde T_j é uma transformação.

O tratamento adotado no processo de seleção de projetos de pesquisa pode ser usado, com pequenas adaptações no processo genérico, para qualquer órgão ou empresa que trata de tomada de decisões, consoantes com seus objetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] MEL NICK, Júlio, Manual de Projetos de Desenvolvimento Econômico, Editora Forum, Rio de Janeiro, 1972.
- [02] BEATIE, C. J.; READER, R.D., Quantitative Management in R & D, Chapman & Hall, London, 1971.
- [03] KEPNER, C.H.; TREGOE, B. B., O Administrador Racional, Atlas, São Paulo, 1976.
- [04] REISMAN, Arnold, Managerial and Engineering Economics, Allan & Bacon, 1971.
- [05] WRIGHT, R. G.; CECHIN, E. M., Uma Experiência com a Técnica Delphi, UFRGS, 1976.
- [06] HOLANDA, Nilson, Elaboração e Avaliação de Projetos, APEC Editora S.A., 1968.
- [07] JOLSON, M. A.; ROSSOW, G. L., O Processo Delphi na Tomada de decisão de Marketing, Jornal de Marketing, anexo do Jornal do Comércio, Rio de Janeiro, março, 1980.
- [08] HOGG, Robert V.; CRAIG, Allen T., Introduction to Mathematical Statistics, Collir MacMillam International Editions, pág. 145 à 153.
- [09] RAIFFA, Howard, Teoria da Decisão, Editora Vozes Ltda, 1977.
- [10] SALKIN, Harvey, M., Integer Programming, Addison-Wesley Publishing Company, London, 1975.

- [11] MUSCAT, A. R. N.; CAMPOMA, M. C.; LEME, R. A. S., Uma Aplicação da Teoria da Decisão ao Estudo da Localização Industrial, Revista de Administração, São Paulo, vol. 13, nº 3, 1978.
- [12] MOREIRA, Délio, Métodos Estatísticos para Administradores e Economistas, Edição Loyola, São Paulo, 1975.
- [13] WEBER, Hans Hermann, Notas de aula do Curso de Teoria da Decisão, UFPb - Campina Grande, 1979.
- [14] WEBER, Hans Hermann, Notas de aula do Curso de Programação Dinâmica, UFPb - Campina Grande, 1978.
- [15] EHRLICH, Pierre e Jacques, Pesquisa Operacional, Editora Atlas S.A., São Paulo, 1978.
- [16] GOLDSCHMIDT, Paulo Clarindo, Aplicação da Teoria das Decisões a um Problema Mercadológico, R. Adm. Emp. Rio de Janeiro, 9 (1): 93-104, 1969.
- [17] HAMMOND, John, s., Melhores Decisões com a Teoria da Preferência, R. Adm. Emp., vol. 27, 1969.
- [18] GOLDSCHMIDT, Paulo Clarindo, A Teoria da Decisão Bayesiana na Estratégia Mercadológica, R. Adm. Emp., Rio de Janeiro, 10(1): 65/77, 1970.

ANEXO A - PERGUNTA FORMULADA

"Sabendo-se que um projeto de pesquisa possui 3 (três) critérios principais: viabilidade técnico-científica, viabilidade econômica e viabilidade financeira, classifique os subcritérios abaixo, enquadrando-os em um destes".

- Exequibilidade
- Relação capital/pessoal ocupado
- Intensidade de capital
- Dependência de outros projetos
- Relação valor adicionado líquido/capital
- Essencialidade
- Período de manutenção de Investimento
- Menor dependência de matéria prima, equipamentos e reagentes importados.
- Aplicabilidade após término
- Utilização imediata
- Bens e serviços exclusivamente internos
- Período de execução
- Aspecto de redação
- Depreciação.

- Projeção Nacional ou Internacional
- Aspecto de risco
- Inerentes às necessidades da região
- Relação benefício/custos
- Incentivos a outros projetos
- Nível e credibilidade do(s) pesquisador(es)
- Melhorias dos processos tecnológicos ou o aproveitamento de recursos ociosos
- Utilização de subprodutos
- Substituição de importações procedentes do exterior ou de outras regiões do país
- Benefícios à população de baixa renda
- Utilização de recursos inexplorados
- Utilização de maior parcela possível de componentes nacionais
- Nível de participação própria nos investimentos
- Nível de centralização

ANEXO - B

CATÁLOGO DE CRITÉRIOS

PRINCIPAIS

- 01 Viabilidade técnica-científica
 - 02 Viabilidade Econômica
 - 03 Viabilidade Financeira

 - 01.1 Exeqüibilidade
 - 01.2 Dependência de êxito de outros projetos
 - 01.3 Nível de centralização
 - 01.4 Período de execução
 - 01.5 Melhoria dos processos tecnológicos ou o aproveitamen
to de recursos ociosos
 - 01.6 Aspecto da redação
 - 01.7 Projeção Nacional ou Internacional
 - 01.8 Nível e credibilidade do(s) pesquisador(es)

 - 02.9 Relação capital/pessoal ocupado
 - 02.10 Relação valor adicionado líquido/capital
 - 02.11 Incentivos a outros projetos
 - 02.12 Essencialidade
 - 02.13 Relação benefícios/custos
 - 02.14 Período de manutenção do investimento
 - 02.15 Utilização de recursos inexplorados
 - 02.16 Bens e serviços exclusivamente internos
 - 02.17 Utilização de subprodutos
 - 02.18 Utilização de maior parcela possível de componentes na
cionais
 - 02.19 Menor dependência de matéria-prima, equipamento e rea
gentes importados
 - 02.20 Substituição de importações procedentes do exterior ou
de outras regiões do país
 - 02.21 Aplicabilidade após término
 - 02.22 Inerentes às necessidades da região
 - 02.23 Utilização imediata
 - 02.24 Benefícios à população de baixa renda

 - 03.25 Intensidade de capital
 - 03.26 Depreciação
 - 03.27 Nível de participação própria nos investimentos
 - 03.28 Aspectos de riscos
-

"FIGURA 2 - CATÁLOGO DE CRITÉRIOS"

ANEXO - C

INSTRUMENTO PARA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI

SEGUNDO "ROUND"

Prezado colega:

Estamos realizando um estudo que pretende identificar indicadores para contagem de um instrumento de análise de projetos.

Sendo você especialista no assunto, gostaríamos de contar com sua experiência no sentido de preencher o questionário anexo, conforme as instruções que, a seguir, serão dadas.

Desde já agradecemos sua valiosa colaboração.

Prof. António Eduardo Bulhões

ANEXO - CI N S T R U Ç Õ E S

O instrumento é composto de duas partes:

A primeira parte é composta da caracterização do respondente. Solicitam-se dados de ordem pessoal.

A segunda parte é composta da relação de critérios que devem ser levados em consideração na análise de projetos.

Para selecionarmos estes critérios, solicitamos:

- A - Ler atentamente cada critério;
- B - Escolher somente uma das alternativas (5, 4, 3, 2, 1), conforme a *IMPORTÂNCIA E VALOR* de cada um dos critérios, bastando, para isso, circular o respectivo número a direita de cada critério;

ALTERNATIVAS:

- 5. Concorda fortemente que é importante
 - 4. Concorda que é importante
 - 3. Não dá opinião
 - 2. Discorda que é importante
 - 1. Discorda totalmente que é importante
- C - Assinalar todos os critérios
 - D - Não precisa assinar.

9	INDICADORES	PESOS				
	PRINCIPAIS					
1	Viabilidade Técnica-científica	1	2	3	4	5
2	Viabilidade Econômica	1	2	3	4	5
3	Viabilidade Financeira	1	2	3	4	5
1.1	Exequibilidade	1	2	3	4	5
1.2	Dependência de êxito de outros projetos	1	2	3	4	5
1.3	Nível de centralização	1	2	3	4	5
1.4	Período de execução	1	2	3	4	5
1.5	Melhoria dos processos tecnológicos ou o aproveitamento de recursos ociosos	1	2	3	4	5
1.6	Aspecto da redação	1	2	3	4	5
1.7	Projeção Nacional ou Internacional	1	2	3	4	5
1.8	Nível e credibilidade do(s) pesquisador(es)	1	2	3	4	5
2.9	Relação capital/pessoal ocupado	1	2	3	4	5
10	Relação valor adicionado líquido/capital	1	2	3	4	5
11	Incentivos a outros projetos	1	2	3	4	5
12	Essencialidade	1	2	3	4	5
13	Relação benefícios/custos	1	2	3	4	5
14	Período de manutenção de investimento	1	2	3	4	5
15	Utilização de recursos inexplorados	1	2	3	4	5
16	Bens e serviços exclusivamente internos	1	2	3	4	5
17	Utilização de subprodutos	1	2	3	4	5
18	Utilização de maior parcela possível de componentes nacionais	1	2	3	4	5
19	Menor dependência de matéria-prima, equipamentos, reagentes e importados	1	2	3	4	5
20	Substituição de importações procedentes do exterior ou de outras regiões do país.	1	2	3	4	5
21	Aplicabilidade após término	1	2	3	4	5
22	Inerentes às necessidades da região	1	2	3	4	5
23	Utilização imediata	1	2	3	4	5
24	Benefícios à população de baixa renda	1	2	3	4	5
25	Intensidade de capital	1	2	3	4	5
26	Depreciação	1	2	3	4	5
27	Nível de participação própria nos investimentos	1	2	3	4	5
28	Aspectos de risco	1	2	3	4	5

Nº j	CATÁLOGO DE CRITÉRIOS	PESOS (c _j) em %
01	Viabilidade Técnico-científica	36
02	Viabilidade Econômica	36
03	Viabilidade Financeira	28
		100
01.1	Exequibilidade	18
01.2	Dependência de êxito de outros projetos	6
01.3	Nível de centralização	12
01.4	Período de execução	12
01.5	Melhoria dos processos tecnológicos ou o aproveitamento de recursos ociosos	12
01.6	Aspectos da redação	12
01.7	Projeção Nacional ou Internacional	12
01.8	Nível de credibilidade do(s) pesquisador(es)	16
		100
02.9	Relação capital/pessoal ocupado	6
02.10	Relação valor adicionado líquido/capital	6
02.11	Incentivos a outros projetos	5
02.12	Essencialidade	6
02.13	Relação benefício/custos	6
02.14	Período de manutenção do investimento	6
02.15	Utilização de recursos inexplorados	6
02.16	Bens e serviços exclusivamente internos	5
02.17	Utilização de subprodutos	6
02.18	Utilização de maior parcela possível de componentes nacionais	6
02.19	Menor dependência de matéria-prima, equipamentos e reagentes importados	7
02.20	Substituição de importações procedentes do exterior ou de outras regiões do país	7
02.21	Aplicabilidade após término	7
02.22	Inerentes às necessidades da região	7
02.23	Utilização imediata	6
02.24	Benefícios à população de baixa renda	8
		100
03.25	Intensidade de capital	28
03.26	Depreciação	22
03.27	Nível de participação própria nos investimentos	22
03.28	Aspecto de risco	28
		100

"FIGURA 3 - MATRIZ DE PESOS"

ANEXO - E

k	a _k	c _k	g						= b	
			0	1	2	3	4	5		
1	2	3	0	<u>0</u>	3	3	3	3	f(1,g)	
			-	<u>0</u> *	1	1	1	1		x ₁
2	4	5	0	0	3	3	5	<u>5</u>	f(2,g)	
			-	0	0	0	1	<u>1</u> *		x ₂
3	3	1	0	0	3	3	5	<u>5</u>	f(3,g)	
			-	0	0	0	0	<u>0</u> *		x ₃
4	2	1	0	0	3	3	5	<u>5</u>	f(4,g)	
			-	0	0	0	0	<u>0</u> *		x ₄

$$f(k,g) = \max [c_k x_k + f(k-1, g-a_k x_k)]$$

$$0 \leq x_k \leq 1$$

Para k = 1 temos:

$$g=0 \rightarrow f(1,0) = 3x_0 + f(0,0-2x_0) = 0 \text{ por definição}$$

$$g=1 \rightarrow f(1,1) = \max [3x_1 + f(0,1-2x_1)] = \max [3 \cdot 0 + f(0,1)] = 0 + 0 = 0$$

$$x_1 = 0$$

$$f(1,1) = 0 \text{ p/ } x_1 = 0$$

$$g=2 \rightarrow f(1,2) = \max [3x_1 + f(0,2-2x_1)] = \max \{ [3 \cdot 0 + f(0,2)], [3 \cdot 1 + f(0,0)] \}$$

$$x_1 = 0, 1$$

$$f(1,2) = \max [(0+0), (3+0)] = 3 \text{ p/ } x_1 = 1$$

$$g=3 \rightarrow f(1,3) = \max [3x_1 + f(0,3-2x_1)] = \max \{ [3 \cdot 0 + f(0,3)], [3 \cdot 1 + f(0,1)] \}$$

$$x_1 = 0, 1$$

$$f(1,3) = \max [(0+0), (3+0)] = 3 \text{ p/ } x_1 = 1$$

$$g=4 \rightarrow f(1,4) = \max [3x_1 + f(0,4-2x_1)] = \max \{ [3 \cdot 0 + f(0,4)], [3 \cdot 1 + f(0,2)] \}$$

$$x_1 = 0, 1$$

$$f(1,4) = \max [(0+0), (3+0)] = 3 \text{ p/ } x_1 = 1$$

$$g=5 \rightarrow f(1,5) = \max_{x_1=0,1} [3x_1 + f(0,5 - 2x_1)] = \max \{ [3 \cdot 0 + f(0,5)], [3 \cdot 1 + f(0,3)] \}$$

$$f(1,5) = \max \{ (0+0), (3+0) \} = 3 \text{ p/} x_1 = 1$$

Para $k = 2$ temos:

$$g=0 \rightarrow f(2,0) = \max_{x_2=0} [5x_2 + f(1,0 - 4x_2)] = 5 \cdot 0 + f(1,0 - 4 \cdot 0) = 0 + f(1,0) = 0 + 0 = 0$$

$$f(2,0) = 0 \text{ p/} x_2 = 0$$

$$g=1 \rightarrow f(2,1) = \max_{x_2=0} [5x_2 + f(1,1 - 4x_2)] = 5 \cdot 0 + f(1,1 - 4 \cdot 0) = 0 + f(1,1) = 0 + 0 = 0$$

$$f(2,1) = 0 \text{ p/} x_2 = 0$$

$$g=2 \rightarrow f(2,2) = \max_{x_2=0} [5x_2 + f(1,2 - 4x_2)] = 5 \cdot 0 + f(1,2 - 4 \cdot 0) = 0 + f(1,2) = 0 + 3 = 3$$

$$f(2,2) = 3 \text{ p/} x_2 = 0$$

$$g=3 \rightarrow f(2,3) = \max_{x_2=0} [5x_2 + f(1,3 - 4x_2)] = 5 \cdot 0 + f(1,3 - 4 \cdot 0) = 0 + f(1,3) = 0 + 3 = 3$$

$$f(2,3) = 3 \text{ p/} x_2 = 0$$

$$g=4 \rightarrow f(2,4) = \max_{x_2=0,1} [5x_2 + f(1,4 - 4x_2)] = \max \{ [5 \cdot 0 + f(1,4 - 4 \cdot 0)], [5 \cdot 1 + f(1,4 - 4 \cdot 1)] \}$$

$$f(2,4) = \max \{ [0 + f(1,4)], [5 + f(1,0)] \} = \max \{ [0 + 3], [5 + 0] \}$$

$$f(2,4) = \max \{ 3, 5 \} = 5 \text{ p/} x_2 = 1$$

$$g=5 \rightarrow f(2,5) = \max_{x_2=0,1} [5x_2 + f(1,5 - 4x_2)] = \max \{ [5 \cdot 0 + f(1,5 - 4 \cdot 0)], [5 \cdot 1 + f(1,5 - 4 \cdot 1)] \}$$

$$f(2,5) = \max \{ [0 + f(1,5)], [5 + f(1,1)] \} = \max \{ [0 + 3], [5 + 0] \}$$

$$f(2,5) = \max \{ 3, 5 \} = 5 \text{ p/} x_2 = 1$$

Para $k = 3$ temos:

$$g=0 \rightarrow f(3,0) = \max_{x_3=0} [x_3 + f(2,0 - 3x_3)] = \max [0 + f(2,0)] = 0 + 0 = 0$$

$$g=1 \rightarrow f(3,1) = \max_{x_3=0} [x_3 + f(2,1 - 3x_3)] = \max [0 + f(2,1)] = 0 + 0 = 0$$

$$f(3,1) = 0 \text{ p/} x_3 = 0$$

$$g=2 \rightarrow f(3,2) = \max_{x_3=0} [x_3 + f(2,2 - 3x_3)] = \max [0 + f(2,2)] = 0 + 3 = 3$$

$$f(3,2) = 3 \text{ p/} x_3 = 0$$

$$g=3 \rightarrow f(3,3) = \max_{x_3=0,1} [x_3 + f(2,3 - 3x_3)] = \max \{ [0 + f(2,3-3 \cdot 0)], [1 + f(2,3-3 \cdot 1)] \}$$

$$f(3,3) = \max \{ [0 + f(2,3)], [1 + f(2,0)] \} = \max \{ [0 + 3], [1 + 0] \}$$

$$f(3,3) = \max \{ 3, 1 \} = 3 \text{ p/} x_3 = 0$$

$$g=4 \rightarrow f(3,4) = \max_{x_3=0,1} [x_3 + f(2,4 - 3x_3)] = \max \{ [0 + f(2,4-3 \cdot 0)], [1 + f(2,4-3 \cdot 1)] \}$$

$$f(3,4) = \max \{ [0 + f(2,4)], [1 + f(2,1)] \} = \max \{ [0 + 5], [1 + 0] \}$$

$$f(3,4) = \max \{ 5, 1 \} = 5 \text{ p/} x_3 = 0$$

$$g=5 \rightarrow f(3,5) = \max_{x_3=0,1} [x_3 + f(2,5 - 3x_3)] = \max \{ [0 + f(2,5-3 \cdot 0)], [1 + f(2,5 - 3 \cdot 1)] \}$$

$$f(3,5) = \max \{ [0 + f(2,5)], [1 + f(2,2)] \} = \max \{ [0 + 5], [1 + 3] \}$$

$$f(3,5) = \max \{ 5, 4 \} = 5 \text{ p/} x_3 = 0$$

Para $k = 4$ temos:

$$g=0 \rightarrow f(4,0) = \max_{x_4=0} [x_4 + f(3,0 - 2x_4)] = \max [0 + f(3,0)] = 0 + 0 = 0$$

$$g=1 \rightarrow f(4,1) = \max_{x_4=0} [x_4 + f(3,1 - 2x_4)] = \max [0 + f(3,1)] = 0 + 0 = 0 \text{ p/} x_4 = 0$$

$$g=2 \rightarrow f(4,2) = \max_{x_4=0,1} [x_4 + f(3,2 - 2x_4)] = \max \{ [0 + f(3,2-2 \cdot 0)], [1 + f(3,2-2 \cdot 1)] \}$$

$$f(4,2) = \max \{ [0 + f(3,2)], [1 + f(3,0)] \} = \max \{ [0 + 3], [1 + 0] \}$$

$$f(4,2) = \max \{ 3, 1 \} = 3 \text{ p/} x_4 = 0$$

$$g=3 \rightarrow f(4,3) = \max_{x_4=0,1} [x_4 + f(3,3 - 2x_4)] = \max \{ [0 + f(3,3-2 \cdot 0)], [1 + f(3,3-2 \cdot 1)] \}$$

$$f(4,3) = \max \{ [0 + f(3,3)], [1 + f(3,1)] \} = \max \{ [0 + 3], [1 + 0] \}$$

$$f(4,3) = \max \{ 3, 1 \} = 3 \text{ p/} x_4 = 0$$

$$g=4 \rightarrow f(4,4) = \max_{x_4=0,1} [x_4 + f(3,4 - 2x_4)] = \max \{ [0 + f(3,4-2 \cdot 0)], [1 + f(3,4-2 \cdot 1)] \}$$

$$f(4,4) = \max \{ [0 + f(3,4)], [1 + f(3,2)] \} = \max \{ [0 + 5], [1 + 3] \}$$

$$f(4,4) = \max \{ 5, 4 \} = 5 \text{ p/} x_4 = 0$$

$$g=5 \rightarrow f(4,5) = \max_{x_4=0,1} [x_4 + f(3,3 - 2x_4)] = \max \{ [0 + f(3,3 - 2 \cdot 0)], [1 + f(3,3 - 2 \cdot 1)] \}$$

$$f(4,5) = \max \{ [0 + f(3,3)], [1 + f(3,1)] \} = \max \{ [0 + 3], [1 + 0] \}$$

$$f(4,5) = \max \{ 3, 1 \} = 3 \text{ p/} x_4 = 0$$

Temos agora a seguinte solução por retrossubstituição:

$$\begin{array}{l} f(4, g) = 5 \longrightarrow x_4^* = 0 \\ f(3, g) = 5 \longleftarrow x_3^* = 0 \\ f(2, g) = 5 \longleftarrow x_2^* = 1 \\ f(1, g) = 0 \longleftarrow x_1^* = 0 \end{array}$$

que é a ótima e $U = 5$ u.m. (unidades monetárias).