

# ESCOLHA DE MÉTODO PARA ALOCAÇÃO DE VERBAS EM PROGRAMAS DE OBRAS PÚBLICAS

TARCÍSIO DE BARROS BANDEIRA (\*)

## INTRODUÇÃO

As necessidades de verbas para Obras Públicas, sendo sempre superiores às disponibilidades orçamentárias distribuídas para esse fim, tornam obrigatória a implantação de uma metodologia que faça separação, dentro da totalidade das obras requisitadas, daquelas que devam ser imediatamente executadas, numa tentativa de se conseguir que o Programa de Obras atinja mais rapidamente a finalidade última das obras, que é a elevação do nível de Bem-Estar da população servida pelo programa.

Atualmente, o processo utilizado se resume numa distribuição de verbas pelos setores de obras, através de unidades orçamentárias denominadas programas, sendo os percentuais de distribuição determinados por critérios de prioridade eminentemente subjetivos e qualitativos. Este trabalho pretende apresentar um critério racional de prioridades, apresentando uma metodologia de escolha de obras para execução, programação essa que visa à maximização do Bem-Estar de uma população.

Com esse Bem-Estar é uma interação de sensações que provêm de campos distintos, deve haver, em qualquer metodologia, uma etapa de trabalho que homogeneiza, quanto à repercussão, as várias interferências desses campos no Bem-Estar Global, para possibilitar a opção. Esta tese se alinha na corrente das que explicitam essas interferências, definindo uma formulação para o Bem-Estar Global, onde se considera o inter-relacionamento e va-

lores assumidos pelos fatores representativos dos campos de B-E\*.

No 2.º Capítulo apresentamos o problema, situando-o no plano governamental.

Nos 3.º e 4.º Capítulos introduzimos uma fórmula para o Bem-Estar para ser utilizada em Programação de Obras, e desenvolvemos um método derivado da mesma.

Nos 5.º e 6.º Capítulos apresentamos um exemplo teórico onde comparamos a metodologia proposta com outra em uso.

Nos 7.º e 8.º Capítulos comparamos os indicadores resultantes dos métodos empregados e concluímos.

Estamos convencidos de que as imprecisões introduzidas com a assimilação do fenômeno Bem-Estar a uma formulação rígida são amplamente compensadas pelas seguintes vantagens:

- a) Possibilidade de acumular experiência pela comparação entre a relação causa-efeito assumida e a efetivamente verificada.
- b) Possibilidade de escolha das obras em nível de dimensão global-BE (sistêmico e não em nível de dimensão intermediária: setor de BE (sub-sistêmico).
- c) Maior necessidade de precisão que o método introduz nos setores encarregados da estimativa de custo, tornando contraproducente o recurso, até hoje utilizado, pelos órgãos setoriais encarregados das programações orçamentárias, de elevar os custos para prevenir-se dos cortes de verba. Visto que nas relações tipo custo/benefício em uso há sempre um coeficiente sumamente subjetivo de transforma-

(\*) Eng. Civil, 1959, EPUSP. Doutor em Engenharia, 1973, EPUSP. Este trabalho, que focaliza a programação de obras em ÁREAS METROPOLITANAS, foi sua tese de doutoramento, que teve como orientador o Prof. Dr. Francisco de Paula Dias de Andrade.

ção dos benefícios em valores monetários, possibilitando esta subjetividade, variações apreciáveis de custo devem ser compensáveis através deste coeficiente. Assim, a aplicação do Método facilitará a estratégia governamental relacionada a esse aspecto.

- d) Menor necessidade de precisão dos dados necessários ao cálculo de indicadores ou, com a mesma máquina administrativa, maior precisão, resultando a mesma precisão na Programação.

Metodologias análogas (definir uma função objetiva e maximizá-la) têm uso corrente em indústria. A originalidade desta tese consiste no reconhecimento dos processos heurísticos ali aplicados, utilizando-os em administração pública.

A inclusão dessa tese na área de planejamento urbano e regional se deve ao fato de se tratar de problema específico desse campo, qual seja a alocação de recursos num programa orçamentário de Obras Públicas. Defendendo um método, procuramos cumprir a função do profissional planejador e que, segundo o Professor R. L. Ackoff<sup>2</sup>: "He will facilitate and guide the planning process by asking questions, posing problems, providing tools, techniques and methods, and assisting in their use. He will be responsible for making a concern with the whole permeate the treatment of every part. He will try to make organizations make their own futures rather than submit to one that is out of their control. Machines are replacing man as a source of physical and mental work. The major task left for man is to do God's work, to replace him as the creator of the future."

O aparente e real paradoxo da limitação das idéias desta tese à programação, sem tentar abarcar todo o sistema de desenvolvimento, é proveniente de motivo de ordem prática, necessidade da adequação paulatina da máquina administrativa e, portanto, só pretende ser um tímido primeiro passo na direção de uma metodologia eficaz de desenvolvimento.

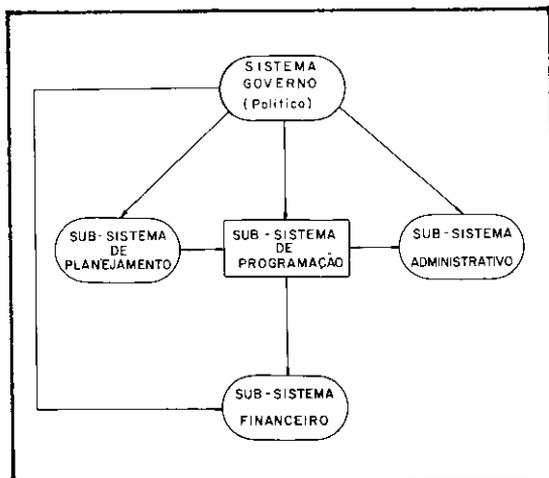
## APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Uma obra pública existente passou necessariamente pelas seguintes fases antes de ser implantada:

- Foi sentida a sua necessidade.
- Foi planejada.
- Foi projetada, pelo menos até o ponto em que foi possível determinar seu custo aproximado.
- Foi programada, isto é, foi selecionada para ser executada.
- Foi executada.
- Foi paga.

Verificamos que a programação tem uma situação de meio de processo, pois sofre interferências dos órgãos de planejamento, dos órgãos financeiros, dos órgãos executivos (política) e do sistema administrativo e executor.

Portanto, num gráfico parcial: (as saídas, entradas e subsistemas não estão totalmente representados) temos:



Mesmo quando não existe órgão "de direito" (legal e formalmente constituído) exercendo as funções citadas, elas são "de fato" exercidas, pois são partes integrantes — indispensáveis a processo de execução não aleatória.

### 2.1 — RELAÇÕES COM OUTROS ÓRGÃOS GOVERNAMENTAIS

A programação tem, portanto, parte comum com subsistema ou órgão de planejamento, do qual recebe as informações sobre:

- as possibilidades de obras;
- os custos das obras;
- os efeitos previstos das obras.

Além disso, por utilizar-se em seus cálculos, de eventos ainda não ocorridos,

## ALOCAÇÃO DE VERBAS

ela é análoga ao planejamento em vários processos lógicos, mas com a diferença fundamental de, embora utilizando previsões e projeções, estar ligada à realidade de disponibilidade momentânea de caixa, que configura a interferência do órgão financeiro.

Os órgãos componentes da parte administrativa interferem, condicionando a possibilidade administrativa de execução, além de prover, em nível de direção, os recursos do órgão de programação (e os dos demais).

Dos órgãos executivos diretivos (política) a programação recebe interferências diretas e indiretas.

O poder político interfere indiretamente:

- através do subsistema de planejamento, fixando a lista de obras possíveis de serem programadas;
- através do subsistema financeiro, destinando um orçamento para obras.

E é também ele que, indiretamente, fixa os recursos de que o órgão de programação pode dispor para funcionamento de sua estrutura interna.

O poder público interfere diretamente com o órgão de programação, pois este deve submeter a ele os resultados de seu trabalho, para sanção. É dele, inclusive, que recebe as diretrizes gerais para o seu trabalho: **o que se quer de um programa e por que caminho** chegar a esse resultado. Essas diretrizes, resumidamente, são:

- distribuição sócio-geográfica do aumento de Bem-Estar (atingir mais ou menos determinados níveis sociais da população ou determinadas sub-regiões);
- época de avaliação do Bem-Estar (avaliar o aumento de Bem-Estar imediatamente após a conclusão do programa ou após a decorrência de certo prazo).

A fixação dessas diretrizes permitirá a construção da **Função-objetivo** do programa, representativa das tendências do poder político.

## 2.2 — FUNÇÃO DA PROGRAMAÇÃO

Estamos definindo a Função da Programação de Obras como sendo um crité-

rio metodológico que, a partir de uma formulação de Bem-Estar, dos objetivos de um governo e do orçamento disponível, chega a uma relação de obras planejadas (quantificadas quanto a custo e repercussão no Bem-Estar) para execução imediata, de maneira que a região alcance mais rapidamente seus objetivos, dentro de suas disponibilidades reais.

## 2.3 — POSTULADOS E HIPÓTESES DE TRABALHO

Estamos trabalhando com os seguintes postulados:

- 1.º — A execução de obras públicas acarreta modificações na situação do B-E da população.
- 2.º — O B-E é formulável.
- 3.º — É possível estimar-se, para cada sub-região, o valor do Bem-Estar decorrente das obras públicas executadas.

Paralelamente, estamos considerando também as seguintes hipóteses de trabalho:

- 1.ª — A verba destinada às obras é fixa e conhecida.
- 2.ª — Há uma lista definida de M obras, onde a soma de seus custos é maior do que a verba disponível.
- 3.ª — A região está subdividida em sub-regiões, em cada uma das quais o nível do Bem-Estar pode ser considerado homogêneo e independente dos níveis das demais. É também conhecida a situação existente do Bem-Estar em todas as sub-regiões.
- 4.ª — Toda obra pública gera um acréscimo desse nível, a que chamamos de  $\Delta$  BE.
- 5.ª — O nível de Bem-Estar médio de uma região é dado pela média ponderada dos níveis de Bem-Estar de cada sub-região, usando-se como o único critério de ponderação as populações relativas. Chamando-se de  $pop_i$  a população na sub-região  $i$  e de  $pop_r$  a população total da região temos que:

$$K = \frac{pop_i}{pop_r}$$

onde  $K$  é o coeficiente populacional.

Em decorrência, teremos que a relação entre  $\Delta BE_i$  verificado numa sub-região e o acréscimo no nível de Bem-Estar total da região  $\Delta BE$  é:

$$\Delta BE = \Delta BE_i \cdot K$$

- 6.ª — É possível representar a influência na programação geral das características particulares de uma sub-região, através de um coeficiente político- $K$ . Entendemos como características particulares, por exemplo, as defasagens da sub-região em relação à média regional. Esse coeficiente reflete a valorização que se deve dar na programação ao acréscimo de Bem-Estar, em sub-regiões particulares.

Donde:

$$\Delta BE = \Delta BE_i \cdot K \cdot K$$

onde o índice  $i$  representa a sub-região.

Nota: esta última fórmula é a usada para todas as sub-regiões, fazendo-se  $K_p = 1$  quando uma sub-região não apresenta condições particulares.

## 2.4 — FUNÇÃO OBJETIVO DA PROGRAMAÇÃO

Como vimos, a meta fixada como a pretendida é o aumento máximo do nível médio de Bem-Estar de uma população, advindo da execução de obras públicas, dentro da verba existente.

De acordo com as hipóteses 3.ª e 4.ª, chamaremos de  $\Delta BE_{ij}$  o acréscimo de Bem-Estar na sub-região  $i$  provocado pela execução da obra  $j$ .

O acréscimo de Bem-Estar  $\Delta BE$  na região será dado pelas somas dos resultados de todas as sub-regiões.  $\sum \Delta BE_i$ , sendo  $\Delta BE_i$  só calculável quando conhecida a série de obras a ser implantada.

Considerando-se as hipóteses 5.ª e 6.ª, o acréscimo de Bem-Estar na região será então:

$$\Delta BE_{\text{total}} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} \cdot K \cdot K$$

isto é, o acréscimo total de BE na região será a somatória dos  $\Delta BE$  aprovados por cada  $j$  obra executada em qualquer  $i$  zona, onde  $j$  varia de 1 a  $n$ , e  $i$  de 1 a  $l$ , levando-se ainda em consideração os coeficientes populacional e político de cada sub-região.

Notas:

- 1.ª — No desenvolvimento da dupla somatória apresentada acima, aparecerão algumas parcelas nas quais os  $\Delta BE$  são fictícios, provenientes de obras que não influem no nível de BE da sub-região ao qual aparecerão associadas. Nesses casos, também fixamos que seus  $\Delta BE$  são iguais a zero.
- 2.ª — Uma mesma obra pode repercutir em várias sub-regiões; o acréscimo de BE correspondente a esta obra será a soma dos acréscimos verificados nas sub-regiões.

Variando-se a ordem da numeração das  $M$  obras programáveis, as  $n$  primeiras obras apresentarão conseqüências cujos acréscimos globais de BE são diferentes para cada ordem. O que se procura é a ordem em que resulte o máximo  $\Delta BE$  na região:

$$\text{Max. } \Delta BE_{\text{total}} = \text{Max}_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} \cdot K \cdot K$$

Sendo

- $l = n.$ º de sub-regiões  
e  $n = n.$ º de obras a serem executadas, determinado pelo orçamento disponível.

## FÓRMULA PARA O BEM-ESTAR

### 3.1 — PRECEDENTES

Confrontando-se dois lugares, a maioria das pessoas se sente capaz de identificar os fatores que condicionam o BE desses lugares e, através de uma análise implícita desses fatores em conjunto, chegar a uma conclusão de que ambos os lugares são iguais ou de que um é melhor do que o outro em matéria de conforto. Processo em que, implicitamente, foi feita uma medida de BE.

Existem várias tentativas de metodizar esse processo, que usualmente se

aplica implicitamente, resultando vários indicadores de BE. Rothemberg<sup>34</sup> analisa vários deles e a ONU<sup>43</sup> apresenta outros. Esses indicadores aparecem expressos ou por matrizes ou por números. Nos indicadores de tipo matriz cada elemento componente da matriz representa um fator isolado de BE.

Uma representação gráfica deste tipo matricial é o diagrama circular do P. Le Bret (figs. 1 e 2), que neste trabalho denominaremos de **Roseta** (fig. 3). Neste diagrama cada orientação de raio representa um fator de BE. No entanto, as análises comparativas destas matrizes envolvem um juízo subjetivo, acarretando a dependência de especialistas neste tipo de análise. Já no indicador numérico isto não ocorre; ele não necessita de nova análise. A procura de um indicador deste tipo é o objetivo deste trabalho.

Tomaremos o BE como função de diversos fatores.

Na definição desses fatores usaremos o mesmo critério adotado pelo P. Le Bret<sup>23</sup>, sendo cada fator a resultante de uma série de equipamentos e disponibilidades que afetam um mesmo campo de BE. Um exemplo do processo de cálculo dessa resultante se encontra na folha III A.J. do estudo sobre São Paulo (fig. 4).

A verificação da existência de fatores que atingem campos diferentes de BE, sendo seus efeitos não permutáveis, elimina a possibilidade de emprego da média aritmética, a maneira mais óbvia de agrupá-los.

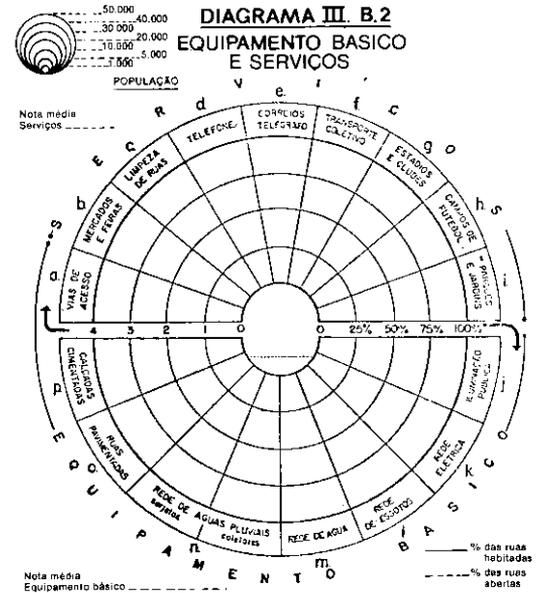
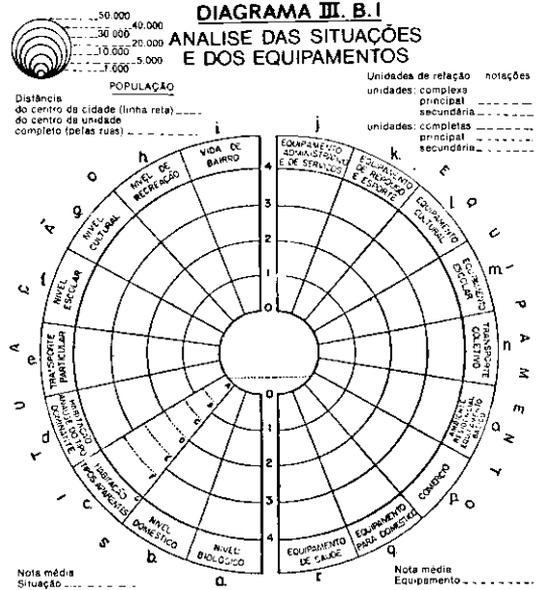
Os estudos de Galtung<sup>15</sup> sobre desconforto, o êxito de indicadores de prioridades de obras usados pela ECAFE e, inclusive, a analogia com o conforto térmico, encaminharam a procura do indicador para uma grandeza relacionada com o produto dos fatores, motivo pelo qual foi escolhida a média geométrica para indicador de BE.

### 3.2 — FÓRMULA

Admitindo-se a média geométrica, teremos para o BE a seguinte fórmula:

$$BE = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_1 \cdot \dots \cdot Y_m}$$

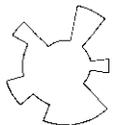
onde  $Y_i$  é valor assumido pelo fator de BE do campo  $i$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, m$ .



### ROSETA

A representação, por exemplo, do equipamento básico e serviços, é feita dando-se valores numéricos às satisfações em cada equipamento ou serviço e preenchendo o Diagrama III B2 até o valor atribuído e colocando-se a figura resultante sobre a sub-região analisada.

Roseta =



## RAIO

Cada espaço do diagrama reservado para representação de um atributo de uma subzona, denominaremos de raio.

## FENÔMENOS AFINS

São representados no mesmo raio. Portanto, a roseta, que é o indicador final daqueles atributos, representará em cada raio somente a média ponderada deles. (O tipo de ponderação pode ser visto na fig. 4).

## METODOLOGIA

### 4.1 — OBTENÇÃO DE DADOS

O subsistema de planejamento, ao elaborar os projetos de obras possíveis de serem programadas, fica de posse dos seguintes dados que aqui serão utilizados, quer sob sua forma original, quer após tratamento:

- a) dados sobre a sub-região atingida: área geográfica, densidade de população e demais características;

Valor da pesquisa .....		III. A. j. Equipamento administrativo e de serviços			Ref. III,A.j.   Fl. ....
Pesquisadores .....					UNIDADE
Chefe de grupo .....					Nome .....
Data .....					Notação .....
					Nomenclatura .....
		P	N	PxN	VALOR DAS NOTAS
1. Policiamento das ruas	3				0 : Inexistente 1 : 2 : Pouco eficiente 3 : 4 : Satisfatório
2. Assistência de bombeiros. (Tempo para atender)	1				0 : Mais de 30 min. 1 : 2 : 20 min. 3 : 4 : 10 min.
3. Agência de correio (tempo de acesso)	3				0 : 30 min. e mais 1 : 35 min. 2 : 20 min. 3 : 15 min. 4 : 10 min.
4. Caixa de correio	2				0 : Inexistente 1 : 15 min. 2 : 10 min. 3 : 4 : 5 min.
5. Agência de telégrafo	1				0 : 30 min. e mais 1 : 35 min. 2 : 20 min. 3 : 15 min. 4 : 10 min.
6. Distribuição do correio	3				0 : Inexistente 1 : Muito irregular 2 : 3 : Todo dia. 4 : 2 vezes por dia
7. Telefone público	3				0 : Inexistente 1 : a 1000 m 2 : 500 m num estabelecimento 3 : 500 m público 4 : Vários públicos ou numerosos particulares
8. Serviço funerário	2				0 : Mais de 30 min.
9. Caixa Econômica	1				1 : 25 min.
10. Agência bancária	1				2 : 20 min.
11. Agência dos Institutos	1				3 : 15 min. 4 : 10 min.
SOMA					Nota média ponderada $\frac{\text{Soma PxN}}{\text{Soma P}} =$
NOTA: N = Nível do fator de BE      P = Fator de ponderação					

- b) dados sobre a verba necessária à execução de cada obra. Neste valor, além do montante necessário à execução das obras propriamente ditas, já estão computadas as futuras repercussões paralelas (negativas ou positivas) na arrecadação da região.

Ex. de repercussão positiva = aumento do valor venal de imóveis na região, decorrente da execução da obra.

Ex. de repercussão negativa = interdição de fonte de renda, mesmo que somente durante a execução.

Chamamos de verba de programação  $V_p$  à soma:

$$V_p = C + R_n - R_p$$

onde:

C = Custo

$R_n$  = Reperc. neg.

$R_p$  = Reperc. pos.

Nesses valores de C,  $R_n$  e  $R_p$ , já se supõem computados os custos paralelos tais como juros, gastos administrativos, empenho de capacidade fiduciária etc.;

- c) dados da situação de BE antes da obra executada (normalmente são obtidos diretamente do cadastro);
- d) dados sobre a repercussão da obra no nível dos fatores de BE que ela atinge (justificativa da inclusão da obra no plano).

Nota: os dados incorporam indistintamente a dimensão tempo na previsão de efeitos das obras, no valor do orçamento utilizado etc.

#### 4.2. — ACRÉSCIMO DE BE

De posse desses dados fornecidos, após tratamento, obteremos os elementos para calcular o acréscimo de BE,  $\Delta BE_{ij}$  verificado na sub-região i, ocasionado pela obra j e traduzido pela seguinte expressão, caso a obra seja a única daquela sub-região:

$$\Delta BE_{ij} = \frac{\frac{m}{\sqrt{Y'_1 \cdot Y'_2 \dots Y'_1 \dots Y'_m}} - \frac{m}{\sqrt{Y_1 \cdot Y_2 \dots Y_1 \dots Y_m}}}{m}$$

onde  $Y_i$  traduz o valor conhecido de cada fator de BE antes da implantação da obra, e

$Y'_i$  = ao valor de cada fator BE depois da implantação da obra, calculável conhecida a previsão da repercussão da obra.

Sendo  $l = 1, 2, \dots, m$ ; e  $m = n^\circ$  de fatores de Bem-Estar.

O acréscimo de BE verificado na sub-região i pode ser levado à região através dos dispositivos definidos no Capítulo 3, resultando portanto que, na fórmula:

$$\Delta BE_{total} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} \cdot \frac{K}{pop_i} \cdot \frac{K}{p_j}$$

todos os elementos são conhecidos ou calculáveis fixada a série a ser executada.

#### 4.3. — RESTRIÇÃO ORÇAMENTÁRIA

O objetivo da programação de obras para uma região é maximizar o  $\Delta BE$ , como já foi visto:

$$\text{Max } \Delta BE_{total} = \text{Máx} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} \cdot \frac{K}{pop_i} \cdot \frac{K}{p_j}$$

sujeito à seguinte restrição para se manter dentro da disponibilidade orçamentária, a qual determina n, o n.º de obras do programa:

$$V_j \leq O_i < \frac{n+1}{j=1} V_j$$

Onde:

$O_i$  = orçamento disponível

$V_j$  = verba necessária à obra j, onde

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

#### 4.4 — DETERMINAÇÃO DAS OBRAS

Quanto às obras relacionadas para programação, a metodologia de escolha das mesmas se subdivide em 3 casos:

##### 4.4.1 — 1.º caso

Quando as obras possíveis de serem programadas atingem, cada uma, uma sub-região. Neste caso, cada  $\Delta BE_{ij}$  é constan-

te, independentemente da ordem de execução das obras.

Como:

$$\Delta BE_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} K_{\text{pop}_i} K_{p_i}$$

podemos fixar uma ordem de numeração das obras, associando a cada obra uma variável  $X_j$  (variável de decisão), que pode assumir os valores zero ou 1. Zero quando a obra a que ela está associada não é programada para execução e UM quando ela o é.

Donde o máximo  $\Delta BE$  que se procura pode ser então escrito:

$$\text{Max } \Delta BE_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n \Delta BE_{ij} X_j \cdot K_{\text{pop}_i} K_{p_i}$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n V_j X_j \leq O_d$$

e observando-se uma ordem fixa de numeração.

É a forma de um problema de Programação Linear com variáveis inteiras, de processamento conhecido, podendo inclusive ser resolvido aproximadamente pela definição de um coeficiente de rentabilidade em conforto ( $I$ ) igual ao quociente do acréscimo de Bem-Estar ocasionado por uma obra e a verba necessária ( $V_j$ ) à sua realização  $I_j = \Delta BE_{ij} / V_j$ .

Ordenando-se os  $I_j$  assim obtidos em ordem decrescente de  $I$  teremos uma ordem de execução das obras.

#### 4.4.2 — 2.º caso

Quando há possibilidade de ser escolhida mais de uma obra para uma mesma sub-região, cada obra afetando fatores diferentes de BE.

Tendo o BE inicial da sub-região através da fórmula:

$$BE = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m}$$

e, considerando-se somente a implantação de uma obra que resulte num acréscimo relativo  $E$ , a somente um fator de BE  $Y_g$ , teremos:

$$BE_1 = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot [Y_g(1+E)] \cdot \dots \cdot Y_m}$$

onde  $BE_1$  é o BE depois da implantação da obra.

Portanto:

$$\Delta BE = BE_1 - BE = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot [Y_g(1+E)] \cdot \dots \cdot Y_m} - \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m}$$

donde,

$$\Delta BE = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m} (\sqrt{1+E} - 1)$$

Para outra obra, que afete o fator  $Y_h$ , com um acréscimo relativo  $E$ , analogamente teremos:

$$\Delta' BE = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m} (\sqrt{1+E'} - 1)$$

Considerando a implantação simultânea dessas duas obras, e chamando  $BE_2$  o novo valor de BE, teremos:

$$BE_2 = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_g(1+E) \cdot Y_h(1+E') \cdot \dots \cdot Y_m}$$

e, conseqüentemente,

$$\Delta BE_{\text{tot}} = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_g(1+E) \cdot Y_h(1+E') \cdot \dots \cdot Y_m} + \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m}$$

$$\Delta BE_{\text{tot}} = \sqrt[m]{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m} (\sqrt{(1+E)(1+E')} - 1)$$

Donde se depreende que:

$$\Delta BE_{\text{tot}} \neq \Delta BE + \Delta' BE$$

Como o  $\Delta BE_{\text{tot}}$  é resultante das duas obras, os valores de  $\Delta BE$  e  $\Delta' BE$  terão que ser calculados de outra forma, que leve em conta a série de obras; portanto, o problema deixa de ser linear, de solução bem mais complexa que, todavia, pode em alguns casos ser resolvido por processo de tentativas dirigidas.

Obtém-se os valores de  $\Delta BE$  como se as obras fossem independentes. Determinam-se os  $I_j$  das obras e, esgotando-se o orçamento com as primeiras  $n$  obras das  $M$  a serem programadas, obtemos uma primeira lista de execução a ser corrigida, ou seja:

$$\frac{\Delta BE_j}{V_j} = I_j \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Ao maior  $I_j$  será associado  $j = 1$  e assim, sucessivamente, chega-se ao menor  $I_j$  correspondendo a  $j = m$ .

Dada essa listagem de obras determina-se  $n$  dentre  $M$  obras levando-se em consideração:

$$\frac{\sum_{j=1}^n V_j \leq O_d < \sum_{j=1}^{n+1} V_j$$

Analisa-se os resultados desta 1.ª lista e corrige-se a ordem das obras, caindo num problema de computação.

Assim, por exemplo, quando na 1.ª lista somente aparecem obras de sub-regiões diferentes, prosseguimos como se segue:

Para uma obra que permaneceu fora da lista, e que também atue em sub-região já beneficiada por obra da lista inicial, deve-se verificar se, substituindo o valor do  $\Delta$  BE com que figurou nessa 1.ª lista, por um valor calculado pela diferença entre o  $\Delta$  BE das duas obras simultâneas e o da obra já escolhida, modificar-se-ia seu lugar na lista. Reitera-se o processo até não haver modificação a ser feita.

4.4.3 — 3.º caso

Quando há possibilidade de ser escolhida mais de uma obra para uma sub-região, obras que afetam os mesmos fatores de BE, nesse caso a própria escala de conversão numérica do fator de conforto dará o valor do incremento daquele fator, caso sejam programadas aquelas obras. Simultaneamente a solução recai na solução do 1.º caso.

CAPÍTULO 5

EXEMPLO TEÓRICO

5.1 — DADOS DAS REGIÕES

Uma conurbe (por exemplo, uma região metropolitana) formada por 3 cidades (I, II e III), que dispõe de verba comum e nenhuma restrição de aplicação pelas cidades para a implantação de obras do sistema de transporte (T), adução de água (A) e abastecimento de gêneros alimentícios (G). Existem planejamentos funcionando com resultados, levantamentos etc, feitos segundo o modelo que o P. Le Bret apresentou no relatório sobre São Paulo.

1) A formulação para o Bem-Estar pode ser escrita como

$$BE = \sqrt[4]{T \times A \times G \times S}$$

onde S é a raiz de ordem L do produto dos L restantes fatores do Bem-Estar que não fazem parte da programação conjunta. (Foi

suposto, portanto, que os demais fatores têm a mesma influência que um dos tomados).

Com esta equiparação do fenômeno Bem-Estar a uma fórmula, estamos introduzindo um erro cuja repercussão relativa no valor BE denominaremos  $E_r$ .

2) O Bem-Estar médio a ser maximizado por hipótese de trabalho é calculado tendo como único fator de ponderação o n.º de habitantes de cada sub-região, em relação ao n.º de habitantes da conurbe.

3) O objetivo político é o de maior Bem-Estar Médio na totalidade da conurbe; ou seja, como o estágio de Bem-Estar inicial é conhecido, o objetivo a alcançar será o maior incremento possível do Bem-Estar Médio.

Máx  $\Delta$  BE<sub>conurbe</sub>

$$= \text{máx} \frac{1}{\sum_{i=1}^l} \frac{n}{\sum_{j=1}^n} \Delta BE_{ij} \cdot K_{pop} \cdot K_p$$

4) Admite-se que cada obra atinja sub-regiões não atendidas por nenhuma outra obra.

Como vimos, é um problema de Programação Linear com variáveis inteiras de solução aproximada pelo método de Savage que será utilizado.

5) O orçamento disponível para as obras é de 1.900.000 unidades monetárias.

6) A população total da conurbe é 250.000 habitantes.

5.2 — DADOS DOS LOCAIS (sub-regiões) DAS OBRAS

Dos dados obtidos do planejamento foram feitas as seguintes tabelas, admitindo-se:

- a) que o nível do fator de conforto foi obtido por processo análogo ao usado pelo P. Le Bret<sup>23</sup> (em seu relatório para São Paulo), admitindo-se como nível 1 o de Ausência de equipamento que atinge aquele setor;
- b) que todos os resultados previstos são homogêneos e que não há nenhum dado que indique a utilização de  $K_p \neq$  de 1 para as obras nas sub-regiões.

**TABELA 1**  
Cidade I tem 7 sub-regiões:

Pop	Nível de conforto existente A G T S	AxGxTxS	BE x 100 = 4 $\frac{\sqrt{AxGxTxS \times 100}}{4}$	K pop x1000	K popxBEx 1000
Ia 12.000	3 4 2 2	48	264	48	127
Ib 10.000	3 5 2 3	90	308	40	123
Ic 25.000	2 2 2 2	16	200	100	200
Id 5.000	1 3 4 2	24	221	20	44
Ie 8.000	4 5 2 4	160	354	32	114
If 10.000	3 4 3 3	108	322	40	121

**TABELA 2**  
Cidade II tem 5 sub-regiões:

Pop	Nível de conforto existente A G T S	AxGxTxS	BE x 100 = 4 $\frac{\sqrt{AxGxTxS \times 100}}{4}$	K pop x1000	K popxBEx 1000
IIa 12.500	3 3 2 3	54	272	50	136
IIb 20.000	3 4 3 3	108	322	80	257
IIc 7.500	4 3 4 2	96	314	30	94
IId 10.000	2 2 3 3	36	245	40	98
IIf 5.000	3 3 3 2	54	272	20	54

**TABELA 3**  
Cidade III tem 8 sub-regiões:

Pop	Nível de conforto existente A G T S	AxGxTxS	BE x 100 = 4 $\frac{\sqrt{AxGxTxS \times 100}}{4}$	K pop x1000	K popxBEx 1000
IIIa 10.000	3 3 4 3	108	322	40	129
IIIb 20.000	3 3 3 3	81	300	80	240
IIIc 8.000	3 2 2 3	36	245	32	78
IIId 30.000	2 2 2 4	32	238	120	286
IIIe 16.000	4 3 3 4	144	346	64	222
IIIf 14.000	4 2 4 3	96	314	56	176
IIIg 6.000	2 4 3 2	48	264	24	63
IIIh 21.000	2 3 2 3	36	245	84	206

## ALOCAÇÃO DE VERBAS

Na avaliação dos estágios atuais de Bem-Estar e na previsão do futuro, comete-se um erro de medida que repercute no Bem-Estar como um erro relativo Em.

### 5.3 — DADOS SOBRE AS OBRAS

As obras que podem ser escolhidas para execução são as seguintes (dados fornecidos pelo subsistema encarregado dos setores de obra):

FATOR = ADUÇÃO DE ÁGUA: A

Obra	Sub-região	Variação do fator	Custo	
1	I c	2-3	400.000	
2	I d	1-3	200.000	
3	I f	3-3,5	200.000	
4	II d	2-3	200.000	
5	III d	2-3	400.000	
6	III g	2-4	200.000	1.600.000

FATOR = ABASTECIMENTO: G

Obra	Sub-região	Variação do fator	Custo	
7	III b	3-4	300.000	
8	III c	2-3	100.000	
9	III f	2-3	200.000	500.000

FATOR = TRANSPORTE: T

Obra	Sub-região	Variação do fator	Custo	
10	I b	2-3		
	II a	2-3,5	800.000	800.000
	III h			

#### 5.4 — OBTENÇÃO DA LISTA DE OBRAS

Primeiramente calculamos o novo valor do Bem-Estar das sub-regiões após a conclusão das obras.

Calculamos o  $\Delta$  BE provocado por cada obra e ordenamos segundo o método Savage: (Determinação dos coeficientes  $l_j$  já citados).

Obra	Sub-região	Níveis de BE AGTS	AxGxTxS	BE x 100
1	I c	3222	24	221
2	I d	3342	72	292
3	I f	3,5433	126	343
4	II d	3233	54	272
5	III d	3224	48	264
6	III g	4432	96	314
7	III b	3433	108	322
8	III c	3323	54	272
9	III f	4343	144	346
10	I b	3532	135	342
10	II a	333,53	94,5	312
10	III h	2333	54	272

Obra	BE-Anterior x100	BE-Posterior x100	$\Delta$ BE x100	Kpop da sub-região x1.000	Kpop x $\Delta$ BE x100	Custo	Método de Savage
1 I c	200	221	21	100	210	400.000	525 9.º
2 I d	221	292	71	20	142	200.000	710 5.º
3 I f	322	343	21	40	84	200.000	410 10.º
4 II d	245	272	27	40	108	200.000	540 8.º
5 III d	238	264	26	120	312	400.000	780 3.º
6 III g	264	314	50	24	120	200.000	600 6.º
7 III b	300	322	22	80	176	300.000	587 7.º
8 III c	245	272	27	32	87	100.000	870 2.º
9 III f	314	346	32	56	179	200.000	885 1.º
10 I b	308	342	34	40	136		
10 II a	272	312	40	50	200		
10 III h	245	272	27	84	227		737 4.º
10 total					563	800.000	

Utilizando-se totalmente o orçamento, teremos:

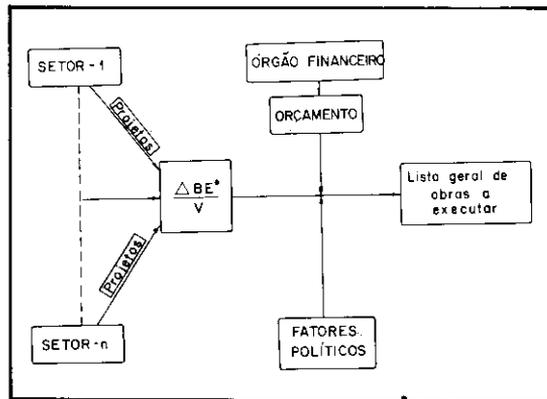
Colocação	Obra	Sub-região	Custo	de custos Total acumulado
1.º	9	III f	200.000	200.000
2.º	8	III c	100.000	300.000
3.º	5	III d	400.000	700.000
4.º	10	I b, II a, III h	800.000	1.500.000
5.º	2	I d	200.000	1.700.000
6.º	6	III g	200.000	1.900.000
7.º	7	III f	300.000	_____
8.º	4	II d	200.000	
9.º	1	I c	400.000	
10.º	3	I f	200.000	

5.5 — CORTES RESULTANTES

O orçamento será destinado às obras que provocarem maior benefício social, resultando nos seguintes cortes:

(No caso em foco foram destinatárias as seis primeiras)

	Solicitado	Destinado	Corte
Global	3.000	1.900	36,7%
A	1.600	800	50,0%
G	600	300	50,0%
T	800	800	0,0%



\* No valor de  $\Delta BE$  incidirão as imprecisões  $E_r$  e  $E_m$ .

Os órgãos setoriais enviam os projetos a um órgão central que, tratando os dados desses projetos, determina as verbas necessárias à sua execução, os acréscimos de BE e posteriormente chega à Lista de Obras a executar.

Caso seja utilizado método de Savage o indicador será:

$$Ic_{ij} = \frac{\Delta BE_{ij}}{V_j}$$

\* Gráfico do 1.º Método (que utiliza fórmula para o BE)

Chamando de  $BE_{R_{ij}}$  o acréscimo de Bem-Estar real sem erros de medida ( $E_m$ ) e sem nenhum erro de formulação ( $E_f$ ), teremos (simplificando a notação  $\Delta BE_{ij}$  para  $\Delta BE$ ):

$$\Delta BE_{R_{ij}} = K_1 \cdot \Delta BE (1 \pm E_m) (1 \pm E_f)$$

Desprezando-se a imprecisão na avaliação de verba requisitada (comum a todos os métodos) a imprecisão do indicador será:

$$(1 \pm E_m) (1 \pm E_f)$$

E teremos para o indicador corrigido das imperfeições ou ideal:

$$Ic_1 = \frac{\Delta BE_{ij}}{V_{j\%}} = K_1 \cdot \frac{\Delta BE (1 \pm E_m) (1 \pm E_f)}{V_{j\%}}$$

Sendo  $V_{j\%}$  = a verba para a obra j, expressa em % do orçamento total

e  $K_1$  = coeficiente para tornar os valores homogêneos.

## CAPÍTULO 6

### TRATAMENTO DO EXEMPLO DO CAPÍTULO 5 POR MÉTODO EM USO

Os métodos que não explicitam uma fórmula de Bem-Estar geralmente dividem o Orçamento Global em orçamentos setoriais e ordenam as obras dentro dos orça-

mentos setoriais através de uma relação benefício/custo.

Para comparação com o método proposto, fizemos o exemplo utilizando como relação produto/insumo a relação Benefício/Verba requisitada, mantido o mesmo objetivo final: Elevação do Bem-Estar Médio desfrutável.

#### 6.1 — ELEMENTOS FORNECIDOS PELOS SETORES ENCARREGADOS DAS OBRAS

O benefício foi calculado em função do contingente humano incorporado à população ativa, obtido pela diminuição da mortalidade infantil, multiplicada pela renda média anual da região, multiplicada pela sobrevida média. Benefícios marginais de difícil quantificação, tais como redução da ocupação de leitos, custo de assistência etc, serão desprezados, conforme "Estudos Preliminares do Benefício de Saneamento Básico", comunicação apresentada no VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária por L. A. de L. Pontes e C. R. M. Ramos.

O benefício foi calculado considerando-se que a propensão marginal da população média a consumir é grande, e que a maior circulação de mercadorias provoca um efeito econômico que pode ser calculado em função destes valores e do local. (Critério do manual: — Estudos de

##### 6.1.1 — SETOR: — ÁGUA

Obra	Sub-Zona	Custo	População	Benefício	Relação Benef./Custo
1	I c	400.000	25.000	500.000	1,25
2	I d	200.000	5.000	200.000	1,00
3	I f	200.000	10.000	100.000	0,50
4	II d	200.000	10.000	200.000	1,50
5	III d	400.000	30.000	600.000	1,50
6	III g	200.000	6.000	240.000	1,20

##### 6.1.2 — SETOR: — ABASTECIMENTO

Obra	Sub-Zona	Custo	População	Benefício	Relação Benef./Custo
7	III d	300.000	20.000	600.000	2,00
8	III e	100.000	8.000	240.000	2,40
9	III f	200.000	14.000	420.000	2,10

## ALOCAÇÃO DE VERBAS

Factibilidad y Análisis de la Solidez Económica y Técnica de Proyectos de Capital Importancia — Agencia para Desarrollo Internacional).

### 6.1.3 — SETOR: — TRANSPORTE

Obra	Sub-Zona	Custo
10	I d	800.000
	II a	
	III h	
População	Benefício	Relação Benef./Custo
10.000	160.000	0,99
12.500	300.000	
21.000	336.000	
	796.000	

Neste setor, Transporte, foram avaliados e transformados em valores monetários, Benefícios Diretos e Indiretos, seguindo critério proposto pelo Prof. Vinicius de Almeida<sup>3</sup>.

Benefícios Diretos, ocasionados aos usuários do Sistema de Transporte, a saber (todos transformados em valores monetários):

- Redução do custo operacional.
- Redução do tempo de percurso.
- Aumento da capacidade de transporte.
- Aumento de conforto.
- Redução de acidentes.
- Aumento de segurança.
- Redução do custo de conservação.
- Aumento de consumo no setor.

Benefícios indiretos utilizados estão ligados à maior produtividade de outros setores da atividade econômica social, onde aparecem:

- Urbanização.
- Uso e valor das terras.
- Econômico em geral.

NOTA: Paramos o desenvolvimento dos exemplos onde é necessária a intervenção de um órgão político.

### 6.2 — FONTES DE IMPRECISÃO DO MÉTODO

Para determinação do Benefício de uma obra é necessário o conhecimento da situação de Bem-Estar anterior e posterior à implantação da obra, a quantificação da diferença e sua transformação em valor monetário. Nessa operação comete-se um erro de medida  $E_i$ , dependente do método empregado em cada setor e, portanto, variável para cada setor.

Esses valores monetários dos Benefícios relacionados aos custos das obras, também determinados por processos setoriais, serão apresentados ao órgão político, agrupados por setores, através de requisição de verba pelo setor.

O órgão político, ao examinar as requisições de verba dos setores, para poder comparar as vantagens de uma obra em relação a outra, de outro setor, terá que transformar os Benefícios em valores homogêneos, tendo que avaliar e compensar as características próprias dos resultados oferecidos por cada setor, ou seja, implicitamente formular o Bem-Estar. Terá também que transformar os Benefícios expressos em valor monetário para Benefícios expressos em Bem-Estar, valorizando-os pelas prioridades setoriais e optar por uma distribuição por setores, procedendo então aos cortes necessários.

Esse processo introduz três fontes de imprecisão:

$E_a$  = Imprecisão resultante dos diferentes critérios de apresentação.

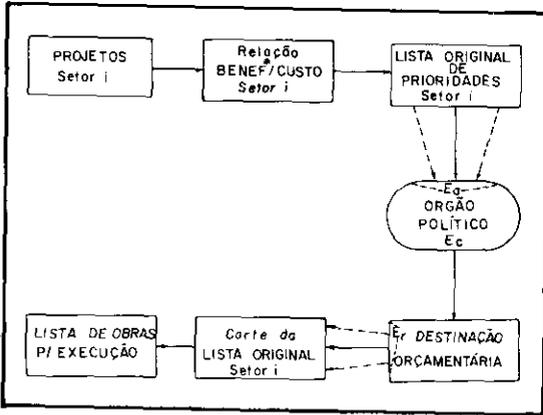
$E_c$  = Imprecisão resultante da má distribuição de verbas pelos setores.

$E_R$  = As verbas, sendo divididas por setores e não alocadas a obras, podem gerar uma menor eficiência no programa pela criação de vários resíduos de verbas (um para cada setor).

**6.3 — DETERMINAÇÃO DA IMPRECIÇÃO FINAL DO INDICADOR DE EXECUÇÃO (\*B<sub>i</sub>/V<sub>i</sub>) COMO FUNÇÃO DAS IMPRECIÇÕES DAS ETAPAS NECESSÁRIAS AO SEU CÁLCULO**

**6.3.1 — GRÁFICO DO MÉTODO DE COMPARAÇÃO**

(Não se admite uma formulação para o BE)



\* — Incide o erro E<sub>b</sub>

**6.3.2 — CÁLCULO DO INDICADOR**

Os indicadores utilizados neste método são tipo  $\frac{B_i}{V_i}$ , onde B<sub>i</sub> e V<sub>i</sub> são definidos dentro do setor e, portanto, utilizando um orçamento setorial.

Orçamento setorial (O'<sub>s</sub>) é a parte do orçamento global (O<sub>g</sub>) destinado ao setor:

$$O'_s = K'_s O_g$$

onde K'<sub>s</sub> é um coeficiente que relaciona o orçamento Global ao orçamento setorial.

A destinação feita é afetada por um erro relativo E<sub>c</sub>.

Chamando de O<sub>s</sub> o orçamento setorial correto, sem a incidência deste erro, e de K<sub>s</sub> o coeficiente de destinação que, multiplicado pelo orçamento global, fornece este valor, temos:

$$O_s = K_s O_g$$

Temos, também, da definição de erro relativo, a seguinte expressão:

$$K_s = K'_s \cdot (1 \pm E_c)$$

$$O_s = K'_s \cdot (1 \pm E_c) \cdot O_g$$

Chamando de V<sub>i</sub> a verba requisitada para uma obra e V'<sub>i</sub> o valor da verba requisitada para esta obra, expressa em função do orçamento setorial efetivamente destinado, temos que:

$$V_i = V'_i \cdot O'_s$$

Analogamente

$$V_i = V_i \cdot O_s$$

onde V<sub>i</sub> = verba requisitada e expressa em porcentagem do orçamento setorial ideal.

Teremos:

$$V'_i \cdot O'_s = V_i \cdot O_s$$

Substituindo O<sub>s</sub> e O'<sub>s</sub>, temos:

$$V_i \cdot K_s \cdot O_t = V'_i \cdot K'_s O_t, \text{ donde:}$$

$$V_i = \frac{K'_s}{K_s} \cdot V'_i$$

Como:

$$\frac{K'_s}{K_s} = \frac{1}{1 \pm E_c}$$

Teremos:

$$V_i = \frac{V'_i}{1 \pm E_c}$$

O valor acima é o valor da verba, corrigido da imprecisão introduzida pelo método. Foi desprezada a imprecisão, também incidente sobre o valor da verba, na avaliação de custos, porque é comum a todos os métodos; foi desprezada também a imprecisão, criada pela multiplicidade de sobras de orçamentos, que aparecem em virtude da existência de orçamentos setoriais, porque embora com ônus operacional pode ser eliminada, fazendo-se nova destinação orçamentária.

O Benefício calculado (B<sub>i</sub>) guarda com o Benefício proporcionado (B<sub>p</sub>) a relação:

$$B_p = B_i (1 \pm E_b) (1 \pm E_n)$$

isto é, o benefício calculado, multiplicado por fatores de correção, relativo aos erros de medida e de apresentação.

## ALOCAÇÃO DE VERBAS

Chamando  $I_{c2}$  o indicador calculado com os valores ideais do 2.º método temos:

$$I_{c2} = \frac{B_p}{V_i} \cdot K_2$$

onde  $K_2$  = coeficiente para tornar os valores homogêneos

$$I_{c2} = K_2 \frac{B_i (1 \pm E_b) (1 \pm E_a)}{V_i (1 \pm E_c)}$$

$$I_{c2} = K_2 \frac{B_i}{V_i} (1 \pm E_b) (1 \pm E_a) (1 \pm E_c),$$

fórmula (6-1),

fórmula que podemos separar em 3 partes quanto à origem e função dos seus elementos:

1.º  $K_2$  é uma constante

2.º  $\frac{B_i}{V_i}$  são valores medidos

3.º  $(1 \pm E_b) (1 \pm E_a) (1 \pm E_c)$  é um fator de correção característico do método.

## COMPARAÇÃO DOS DOIS MÉTODOS ATRAVÉS DA PRECISÃO DE SEUS INDICADORES

### 7.1 — UTILIZADO OS INDICADORES CALCULADOS NOS CAPÍTULOS 5 E 6, RESPECTIVAMENTE FÓRMULAS (5-1) E (6-1)

**Fórmula (5-1)**  $I_{c1} = \frac{K_1 \cdot \Delta BE (1 \pm E_m) (1 \pm E_r)}{V_j} =$

$$K_1 \cdot \frac{\Delta BE}{V_j} (1 \pm E_m) (1 \pm E_r)$$

**Fórmula (6-1)**  $I_{c2} = \frac{K_2 B_i (1 \pm E_a) (1 \pm E_b) (1 \pm E_c)}{V_i} =$

$$K_2 \cdot \frac{B_i}{V_i} (1 \pm E_a) (1 \pm E_b) (1 \pm E_c)$$

Chamaremos de

$$F_{c1} = [(1 \pm E_m) (1 \pm E_r)]$$

fator de correção do 1.º método e

$$F_{c2} = [(1 \pm E_a) (1 \pm E_b) (1 \pm E_c)]$$

fator de correção do 2.º método.

### 7.2 — COMPARAÇÃO DOS INDICADORES

Haverá vantagem na substituição de um método na solução de um problema desde que o novo método introduzido necessite de uma correção menor do que o do método em uso, para levar a solução a termos ideais.

Para efetuar uma comparação foi suposta uma combinação desfavorável de incidência de erros nos dois métodos, possível porque não há nenhum mecanismo natural de compensação.

Verificando-se o caso em que os erros tendem a subvalorizar o indicador da obra e, portanto, o coeficiente de correção será maior do que 1, teremos que haverá vantagem em emprego no método 1 se  $F_{c1} \leq F_{c2}$  ou:

$$(1 + E_m) (1 + E_r) \leq (1 + E_a) (1 + E_b) (1 + E_c)$$

Podemos considerar  $E_b = E_m$  por se tratar de erros relativos de medidas da mesma natureza e complexidade, resultando que:

$$(1 + E_r) \leq (1 + E_a) (1 + E_c)$$

O que de fato ocorre, porque  $1 + E_a$  é uma quantidade maior que 1 e  $E_c$  é um erro da mesma origem que  $E_r$ , com probabilidade de ser maior, pois não sendo explícito não se beneficia do conhecimento de experiências anteriores.

Isolando  $E_r$ , temos uma espécie de medida da máxima imprecisão que pode acompanhar a formulação de BE usada no 1.º método. Para que este apresente resultados com o mesmo grau de precisão do 2.º método é necessário que:

$$E_r \leq E_c + E_c E_a + E_a + 1 - 1$$

ou que o erro introduzido com a formulação do BE pode atingir até um valor igual à soma dos erros de critério político mais

o de diferença de avaliação e a apresentação entre setores, o que conduzirá a uma aproximação maior aos valores ideais.

$$E_r \leq (E_a + E_n E_r + E_r)$$

### 7.3 — VALIDADE DA CONCLUSÃO

Ressalte-se que esta comparação de imprecisões em seus máximos foi feita sem a necessidade de uso da formulação concreta da Função Objetivo utilizada e da formulação explicitamente utilizada para o Bem-Estar, sendo portanto uma conclusão sobre o método, válida para qualquer função objetivo e qualquer formulação que tenha "conteúdo veritativo" igual ou superior ao acerto da decisão tomada sem apoio em teoria.

### 7.4. — POSSIBILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO

Analisando-se técnica orçamentária em uso, Orçamento Programa, parece viável a introdução do método n.º 1, visto que as dimensões com que lida já estão quase que totalmente explícitas naquele instrumento. Nas características básicas do orçamento programa observa-se a necessidade de:

- 1) Definição de funções do governo — Lei n.º 4.324/64, que corresponde a uma definição de áreas de conforto elementar proporcionado (fatores de conforto).
- 2) Pressuposição da existência de um Plano em que se fixa o que se vai gastar em função do que se vai fazer.

Na montagem do orçamento programa, seguindo-se as instruções da administração, já se pode reconhecer a existência de medidas visando:

- à determinação do resultado de uma obra semelhante ao incremento de conforto que utilizamos;
- ao coeficiente de rendimento, que é a relação entre os recursos e os resultados, análoga, portanto, à relação de incremento de conforto, valor financeiro, usada no método em observação.

A disponibilidade crescente de computadores a serviço dos poderes públicos torna facilmente exequível o volume de cálculos requeridos pelo método.

## CONCLUSÃO

No transcorrer deste trabalho, procuramos fundamentar a idéia de que, com uma formulação explícita para o Bem-Estar e com uma definição clara do objetivo, poderemos corrigir, através de aplicações, ao correr dos anos e programas, as distorções da fórmula do BE admitida, até que ela conduza mais rapidamente à separação do que deve ser executado do que deve ser postergado (por falta de verbas). Este processo se reveste de maior importância nas programações a serem executadas com grande número de obras, pela quase impossibilidade da autoridade executiva poder "sentir" as necessidades da população e de decidir por áreas (sociológicas ou geográficas).

Apesar das dificuldades advindas da inexistência de resultados da aplicação do método baseado na formulação matemática do Bem-Estar, cremos haver induzido a possibilidade e as vantagens em empregar uma fórmula para exprimir a evolução do Bem-Estar, melhorando a qualidade do Programa Global, desde que essa fórmula tenha capacidade de representar o fenômeno Bem-Estar com eficiência igual ou pouco inferior à que se consegue sem formulações.

Os valores empregados na fórmula introduzida são da mesma ordem de dificuldade de obtenção que os valores utilizados na elaboração de Orçamento Programa e já estão transcritos nas peças necessariamente precedentes do processo de Desenvolvimento: objetivo do governo, planejamento e projeto de obras (fases características dos orçamentos programas).

O método baseado na definição de BE facilita a manutenção da estratégia governamental, dificultando o fenômeno de inversão do critério Benefício/Custo, o que ocorre no método em uso pelas seguintes considerações que podem ser feitas:

- a) ao se elaborar o orçamento de um setor sabe-se que o mesmo será cortado;
- b) os benefícios resultam de conversões de Bem-Estar em valor monetário e os coeficientes de conversão são flexíveis; quando se calculam os custos, se elevam (para efeito de requisição) os custos e os Benefícios (estes por simples aumento dos coeficientes); as obras, apresentando as

## ALOCAÇÃO DE VERBAS

mesmas relações B/Custô, exigirão então um suborçamento maior;

- c) quando vierem os cortes, computando-se o valor real das obras, haverá a possibilidade de executar maior parcela do programa setorial, visto que o montante requisitado para o setor será necessariamente considerado pela autoridade executiva e ele foi aumentado.

No método que define o BE o indicador de Benefício não utiliza fatores de conversão e pode ser calculado fora do setor ou no setor com instruções do órgão central. O aumento arbitrário de custos será contraproducente para o setor em que for usado, facilitando desta maneira a manutenção da estratégia governamental.

A utilização de um único índice de eficiência ( $\Delta$  BE), ao invés de vários índices (Benefício), permite colocar o problema em nível global (sistêmico), ganhando a possibilidade de procurar diretamente o objetivo final BE e não os intermediários isoladamente (fatores BE).

### 8.1 — PLANO DE PROSSEGUIMENTO DOS TRABALHOS

O desenvolvimento da maioria dos tópicos de nosso trabalho foi feito de maneira simplificada, quase elementar, tanto quanto possível, pela falta de dados concretos que aconselhassem e permitissem um aprofundamento no estudo.

Feita uma aplicação do método, os trabalhos devem prosseguir com:

- 1) Determinação concreta dos fatores de Bem-Estar e de seus indicadores.
- 2) Adaptação da fórmula de Bem Estar e das hipóteses de trabalhos aos fatores escolhidos.
- 3) Aprofundamento da metodologia, reconhecimento de casos particulares, determinação de coeficientes particulares de correção.
- 4) Extensão das conclusões.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 ACKOFF, RUSSELL L. — A Revolution in Organizational Concepts. Naval War College review, 1972.
2. ACKOFF, RUSSELL L. — Planning in the Systems Age — Inédito, xerox do original, 28 pg.
3. ALMEIDA, VINICIUS de — Curso de Especialização em Economia Rodoviária. Instituto de Pesquisas Rodoviárias e E.P.U.S.P., Vol. I — Benefícios, 22 pg. Vol. II — Avaliação do número de usuários, 26 pg. Vol. III — Avaliação de Benefícios, 20 pg. [Mimeografado] 1970.
4. ANDRADE, FRANCISCO DE P. D. — Teoria Locacional — Departamento de Engenharia de Construção Civil da E.P.U.S.P. Curso de Mestrado, 1971.
5. ANHAIA MELLO, LUIZ — Curso de Administração Municipal e Introdução ao Planejamento Regional, E.P.U.S.P. São Paulo — D.L.P. Grêmio Politécnico, 1967 — 102 pg.
6. BARCELLOS CORREA, MAX. — Níveis Múltiplos de Controle. Tese apresentada à Congregação da Escola Politécnica da U.S.P. para o concurso de Docência Livre da Cadeira 48 — "Planejamento da Produção", 1964.
7. BIDDIE, WILLIAN W. — Desenvolvimento da Comunidade. Rio de Janeiro — GB — Agir Editora, 1967 — 316 pg.
8. BRATZ, VALMOR A. — Sistemas de Informação Gerencial. Revista de Administração de Empresas, Vol. 11, n.º 3, 21 a 29 pg., 1971.
9. CHISHOLM, RODERICK M. — Teoria do Conhecimento. Rio de Janeiro, Zahar Editora, 1969, 142 pg.
10. CHURCHMAN, C. WEST. — Introdução à Teoria dos Sistemas, Rio de Janeiro — Editora Vozes, 1972, 309 pg.
11. DOPP, JOSEPH — Noções de Lógica Formal — São Paulo, Editora Herder, 1970, 327 pg.
12. ELLENRIEDER, ALBERTO VON. — Pesquisa Operacional — Rio de Janeiro, Almeida Neves Editora Ltda., 1971, 271 pg.
13. EQUIPE SAGMACS. — Pesquisa Lebnet, São Paulo, Engenharia Municipal, 1970, Vol. 44, 30-45 pg. 1969 — Vol. 41, 49-59 pg. 1970, Vol. 45, 33-49 pg. 1972, Vol. 55, 31-40 pg. 1971, Vol. 53, 33-43 pg. 1971, Vol. 52, 22-32 pg. 1971, Vol. 51, 33-42 pg. 1971, Vol. 50, 47-61 pg. 1970, Vol. 48, 23-33 pg. 1970, Vol. 46, 21-35 pg.
14. EQUIPE A.I.D. — Estudios Factibilidad Analisis De La Solidez Economica Y Tecnica de Projectos de Capital Importancia, México, Sto. Domingo Editores, 1967, 138 pg.
15. GALTUNG, J. — A estructural theory of aggression. Belo Horizonte. Fac. Ciências Econômicas da Univ. de Minas Gerais, 1965 [mimeografado].
16. GENARI, BRENO — Introdução ao PERT Básico, Rio de Janeiro — GB, Fundação Getúlio Vargas, 1966, 180 pg.
17. G. PLANUS, CONSULTORES — Sistema PERT-CPM, Editora Financeiras S/A. São Paulo, 1967, 80 pg.
18. GIRÃO & ELLENRIEDER — Programação linear, Rio de Janeiro — GB — Almeida Neves Editora, 1971, 191 pg.
19. GRUPO EXECUTIVO DA GRANDE SÃO PAULO — Recursos humanos da Grande São Paulo, Vol. I e II, 416 pg. 1971.
20. HAYES JR., SAMUEL P. — Avaliação de Projetos de desenvolvimentos, Rio de Janeiro — GB. Fundação Getúlio Vargas, 1972, 159 pg.
21. HEGEMBERG, LEONIDAS — Introdução à Filosofia da Ciência. Explicações científicas. São Paulo, Editora Herder, 1969, 308 pg.

22. HOLANDA, NILSON — *Elaboração e Avaliação de Projetos*. Rio de Janeiro, Apec Editora S/A, 1969, 206 pg.
23. LEBRET, L. J. — *Dynamique Concrète du Développement*. Paris, Les Éditions Ouvrières, 1967, 464 pg.
24. LIMA PONTES, LUIZ AUGUSTO E MINERVINO RAMOS, CARLOS ROBERTO — *Estudo preliminar do Benefício-Custo de Investimento em Saneamento Urbano — VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária — Tema 3, Volume II, 283-299 pg.* 1971.
25. MALISZ, BOLESŁAW — *Implications of threshold theory for Urban and regional planning*, *Journal of the Town Planning Institute* Volume 55, n.º 3, 108-110 pg., 1969.
26. MCCORMICK, JOHN M. e SALVADORI, MARIO G. — *Métodos numéricos em Fortran*. São Paulo, Editora Polígono e Editora da U.S.P., 1971, 352 pg.
27. NACIONES UNIDAS — *Desarrollo economico, planeamiento y cooperación internacional*. Santiago, Chile, 1961, 94 pg.
28. NACIONES UNIDAS — *Boletim Economico de América Latina*, Santiago, Chile — Vol. XV, n.º 1, 1970, 107 pg.
29. ODIER, LIONEL — *Os Benefícios Econômicos das Realizações Rodoviárias* — Rio de Janeiro — Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Publicação 512, 1970, 259 pg.
30. PORTO, TUPI CORRÊA — *Metodologia para estudos de Viabilidade*. I.P.R. Núcleo de São Paulo, 1970 [mimeografado].
31. PUCHKIN, V. N. — *Heurística, a Ciência do Pensamento Criador*. Rio de Janeiro — GB — Zahar Editores, 1969, 181 pg.
32. RAMOS, GUERREIRO — *Administração e Estratégia do Desenvolvimento*. Rio de Janeiro — GB — Fundação Getúlio Vargas, 1966, 459 pg.
33. RIGGS, F. W. — *A Ecologia da Administração Pública*. Rio de Janeiro — GB — Fundação Getúlio Vargas, 1964, 203 pg.
34. ROTHEMBERG, JEROME — *The Measurement of Social Welfare*, New Jersey. Prentice Hall, Inc., 1961, 357 pg.
35. SÁ E SILVA, GUSTAVO DE — *Administração de Empresas e Desenvolvimento*. *Revista de Administração de Empresas*, Vol. 11, n.º 3, 5, 20 pg., 1971.
36. SAMPAIO, HÉLIO DE MELLO — *Introdução ao Orçamento Programa*. São Paulo, Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo, 1968, 100 pg. [mimeografado].
37. SAMUELSON, PAUL A. — *Introdução à Análise Econômica* — Rio de Janeiro. Editora Agir, 1958, 510 pg.
38. SECRETARIA DA FAZENDA DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO — *Orçamento Programa do Estado para o exercício de 1971*. São Paulo. Imprensa Oficial do Estado, 1971, 274 pg.
39. SILVA LEME, RUY AGUIAR — *Aplicação da Programação Linear ao Estudo da Decisão dos Empresários*. Tese apresentada à Congregação da E. Politécnica da U.S.P. para o concurso à Cadeira de "Economia Política, Estatística Aplicada, Organizações Administrativas" — Cadeira n.º 19, 1956.
40. SUPERINTENDÊNCIA DE AGUA E ESGOTOS DA CAPITAL — *Programa Plurianual de Obras, Distribuição de Água. 1971-1974*. São Paulo, 1971.
41. SUPERINTENDÊNCIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA CAPITAL — *Programa Plurianual de Obras, Esgotos Sanitários, 1971-1974*. São Paulo, 1971.
42. TINBERGEN, JAN — *Programação para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro — GB — Função Getúlio Vargas, 1969, 132 pg.
43. UNITED NATIONS — *Manual of Economic Development Projects*. New York, 1958, 242 pg.
44. WIESER, WOLFGANG — *Organismos, Estruturas, Máquinas para uma Teoria de Organismo*. São Paulo, Editora Cultrix Ltda., 1972, 134 pg.
45. WOILER, SANSÃO — *Programação Linear com variáveis inteiras. Algoritmos e Aplicações*. Tese de Livre Docência apresentada à Douta Congregação da Escola Politécnica da U.S.P. São Paulo, 1968.

#### AGRADECIMENTOS

Quero externar minha gratidão ao Prof. Francisco de Paula Dias de Andrade pela segurança e compreensão com que orientou este trabalho, ao Dr. Max Barcellos Correa pelas sugestões e também pelos esclarecimentos sobre recursos e processos de computação.

Agradeço também:

À Arquiteta Vanuhi Basil que colaborou na revisão de todas as fases deste trabalho, aos engenheiros Carlos Reynaldo Toledo Pimenta e Mateus Sasuni Basil, que auxiliando em meus serviços permitiram que eu dispusesse de algum tempo, ao Sr. Geraldo Andrade de Moraes que datilografou todas as fases deste trabalho, aos estagiários e demais funcionários da Tecimo Construções e Engenharia Ltda.

Aos colegas e funcionários da SAEC, especialmente ao Eng. Sivar Hoepner Ferreira, que colaborou na revisão final.

A minha esposa Maria da Glória e às minhas filhas Mariana, Susana e Beatriz pela compreensão que tiveram.