

Alguns Aspectos Econômicos Relativos ao Uso da Água(*)

PROF. LUCAS NOGUEIRA GARCEZ

Catedrático da Cadeira "Hidráulica Urbana e Saneamento"
da Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo

1. GENERALIDADES

A solução de um problema de Engenharia Hidráulica implica sempre numa série de escolhas ou opções entre várias alternativas fisicamente exequíveis. Para mostrar a complexidade dessas escolhas, pois quase sempre o engenheiro é colocado face a um conjunto de alternativas, cada uma das quais envolve opções parciais, nada melhor que um caso concreto. Vamos nos referir, por exemplo, ao problema do reforço das possibilidades energéticas da região metropolitana paulista. Os técnicos do Poder Público e da empresa concessionária tiveram que fazer várias opções: Usina Térmica ou Usina Hidroelétrica? Na Usina Hidroelétrica, diferentes bacias tiveram que ser examinadas, e, em cada bacia, um certo número de localizações de barragens foi estudado. Para cada localização, novas alternativas: qual o tipo estrutural da barragem? Qual o tipo e quais as dimensões dos condutos forçados? Relativamente às turbinas, qual o número? e o tipo? e as dimensões? e assim sucessivamente. O mesmo poderia ser dito "mutatis-mutandis" para a Central Térmica.

Outro exemplo que mostraria de modo claro o conjunto de escolhas entre várias alternativas fisicamente exequíveis seria o do abastecimento de água a um centro habitado, onde surgem via de regra várias possibilidades na captação, na adução, na reservação, no tratamento e na distribuição da água.

Vemos com êsses dois exemplos que, em cada fase na análise, é necessário fazer uma escolha racional entre as alternativas fisicamente possíveis, de modo a estabelecer a *solução* do problema que nada mais é do que o conjunto de soluções mais favorável.

É de se observar que as grandezas que entram em jôgo são heterogêneas: tubulações, metálicas, kilowatt-horas de eletricidade, mão de obra especializada e comum, redução dos riscos devidos a inundações, etc.. Daí a necessidade de se procurar um denominador comum através dos termos monetários, de modo a tornar comparáveis grandezas tão diferentes. Só assim torna-se possível o seu cotejo e as respostas a perguntas do tipo:

É o empreendimento economicamente justificável?

É a obra absolutamente necessária?

Deve ser o melhoramento feito agora?

Com que recursos deve ser executado?

Quem o pagará?

De que modo deve ser feito o retôrno do dinheiro investido?

Para ressaltar a importância da escolha racional entre as alternativas de um grande projeto de Engenharia Hidráulica cabe bem aqui a seguinte ci-

(*) Capítulo do Curso "Elementos de Engenharia Hidráulica".

tação do Relatório do Presidente da Comissão de Recursos Hídricos dos Estados Unidos ("A Water Policy for the American People", 1950): "Uma vez concluídas, as grandes estruturas hidráulicas não podem ser modificadas ou o são com enormes dificuldades. Existem apenas poucos locais apropriados para barragens, e uma vez que sejam utilizados, as possibilidades de um empreendimento econômico de finalidades múltiplas são limitadíssimas. Desde que se execute um plano de irrigação êle não pode ser alterado pelo fato de se ter descoberto fatores desfavoráveis quanto ao solo e quanto ao clima. Há uma grave responsabilidade na execução de um plano de aproveitamento de uma bacia e convém que se tenha a segurança de estar certo antes de prosseguir".

2. FASES DE UM ESTUDO ECONÔMICO

A — Cada alternativa que pareça promissora deve ser *identificada* e claramente definida em termos físicos;

B — Para cada uma das alternativas definidas em termos físicos deve ser feita uma "*estimativa de custo*", escalonando-se no tempo os investimentos a serem feitos e o retôrno do capital empatado (isso exige o conhecimento da vida provável das estruturas hidráulicas e a escolha do período de tempo para o qual o estudo econômico deve ser feito);

C — *Comparação* das estimativas econômicas, tornadas comensuráveis através de conversões apropriadas que se baseiam na matemática financeira (anuidades, amortizações, taxas de juros, custos anuais de manutenção e operação, etc.);

D — *Escolha* de uma das alternativas tendo em vista os aspetos econômicos e, às vezes, outras causas intangíveis, que embora não redutíveis a termos monetários, podem ser de importância decisiva.

Um exemplo simples esclarece bem as fases de uma análise econômica. Suponhamos que os estudos para a implantação de um aqueduto tenham possibilitado a *identificação* (Fase A) de duas alternativas:

Alternativa I — Tunel aberto em rocha

Alternativa II — Canal revestido, seguido de uma calha metálica.

Admitem-se desprezíveis os valores monetários residuais das duas alternativas, as quais são também supostas produzir rendas idênticas.

Fase B — *Estimativa de Custo*:

Alternativa I — Vida provável: 100 anos

Custo estimado" 50,0 milhões de Cr\$

Custo anual de manutenção" 0,60 milhões de Cr\$

Alternativa II — Vida provável do canal: 100 anos

Vida provável do revestimento do canal: 20 anos

Vida provável da calha de aço: 50 anos

Custo estimado canal: 18,0 milhões de Cr\$

Custo revestimento canal: 7,5 milhões de Cr\$

Custo da calha de aço: 13,5 milhões de Cr\$

Custo anual de manutenção de alternativa II: 1,5 milhões de Cr\$

Fase C — *Comparação:*

Taxa de juros: 12% ao ano.

Alternativa I:

Anuidade de juros e amortização (em milhões de Cr\$)

$$a = C \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1}, \text{ p.º } t = 100, \text{ } r = 0,12, \text{ } a = 0,120 \times 50,00 = 6,00$$

Custo anual de manutenção =	<u>0,60</u>
Custo total anual (em milhões de Cr\$) =	6,60

Alternativa II:

Anuidades de juros e amortização:

Canal (t = 100, r = 0,12)	$a_1 = 0,120 \times 18,00 = 2,16$
Revestimento do canal (t = 20, r = 0,12)	$a_2 = 0,1229 \times 7,50 = 1,00$
Calha metálica (t = 50, r = 0,12)	$a_3 = 0,1209 \times 13,50 = 1,63$
Custo anual de manutenção:	<u>1,50</u>
Custo total anual (em milhões de Cr\$) =	6,29

Nos países de escassez de capitais, como o nosso, é também de grande interesse o cotejo tendo em vista o investimento inicial.

No caso:

Alternativa II — $18,0 + 7,5 + 13,5 = 39,0$ milhões de Cr\$

Alternativa I — $= 50,0$ milhões de Cr\$

Fase D — *Escolha*

Se não houver causas intangíveis de importância decisiva a escolha recai na Alternativa II que tem a dupla vantagem de exigir menor investimento inicial e de corresponder a um custo total anual mais baixo.

Para facilitar o estudo econômico das estruturas hidráulicas é apresentada a seguir uma tabela de valores das anuidades de juros e amortizações pagáveis no fim de cada ano para um empréstimo de 1 cruzeiro, calculados pela fórmula

$$a = C \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1}$$

na qual: a = anuidade, C = montante do empréstimo, r = taxa percentual de juros, t = tempo em anos.

A tabela apresenta valores de a para as taxas de juros de 6% a 24% e para tempo de 5 a 100 anos.

TABELA DE VALORES DAS ANUIDADES DE JUROS E AMORTIZAÇÃO PAGÁVEIS NO FIM DE CADA ANO PARA UM EMPRÉSTIMO DE 1 Cr\$

Tempo em anos	Taxa de Juros									
	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %	14 %	15 %
5	0,23740	0,24389	0,25046	0,25709	0,26384	0,27058	0,27740	0,28384	0,29081	0,29680
10	0,13587	0,14238	0,14903	0,15582	0,16275	0,16981	0,17698	0,18429	0,19168	0,19924
15	0,10296	0,10979	0,11683	0,12406	0,13147	0,13904	0,14682	0,15473	0,16229	0,17101
20	0,08718	0,09439	0,10185	0,10955	0,11746	0,12558	0,13388	0,14235	0,15098	0,15975
30	0,07265	0,08059	0,08883	0,09734	0,10608	0,11503	0,12415	0,13341	0,14280	0,15230
40	0,06646	0,07501	0,08386	0,09296	0,10226	0,11172	0,12130	0,13098	0,14080	0,15056
50	0,06344	0,07246	0,08174	0,09122	0,10087	0,11060	0,12042	0,13032	0,14020	0,15013
60	0,06187	0,07123	0,08079	0,09051	0,10032	0,11021	0,12013	0,13008	0,14005	0,15003
70	0,06103	0,07061	0,08037	0,09022	0,10013	0,11007	0,12004	0,13003	0,14001	0,15001
80	0,06057	0,07031	0,08017	0,09009	0,10005	0,11003	0,12002	0,13002	0,14001	0,15001
90	0,06032	0,07015	0,08008	0,09004	0,10003	0,11002	0,12001	0,13001	0,14000	0,15000
100	0,06018	0,07008	0,08004	0,09002	0,10001	0,11000	0,12000	0,13000	0,14000	0,15000

Tempo em anos	Taxa de Juros									
	16 %	17 %	18 %	19 %	20 %	21 %	22 %	23 %	24 %	
5	0,29831	0,31258	0,31970	0,32698	0,33440	0,34171	0,34923	0,35669	0,36418	
10	0,20688	0,21465	0,22250	0,23046	0,23852	0,24669	0,25489	0,26319	0,27159	
15	0,17935	0,18781	0,19640	0,20510	0,21388	0,22270	0,23174	0,24079	0,24991	
20	0,16866	0,17769	0,18681	0,19604	0,20535	0,21475	0,22420	0,23372	0,24329	
30	0,16188	0,17150	0,18126	0,19103	0,20084	0,21069	0,22056	0,23046	0,24037	
40	0,16042	0,17031	0,18024	0,19018	0,20013	0,21010	0,22007	0,23005	0,24004	
50	0,16009	0,17006	0,18004	0,19003	0,20002	0,21001	0,22001	0,23000	0,24000	
60	0,16002	0,17001	0,18000	0,19000	0,20000	0,21000	0,22000	0,23000	0,24000	
70	0,16000	0,17000	0,18000	0,19000	0,20000	0,21000	0,22000	0,23000	0,24000	
80	0,16000	0,17000	0,18000	0,19000	0,20000	0,21000	0,22000	0,23000	0,24000	
90	0,16000	0,17000	0,18000	0,19000	0,20000	0,21000	0,22000	0,23000	0,24000	
100	0,16000	0,17000	0,18000	0,19000	0,20000	0,21000	0,22000	0,23000	0,24000	

O exame da tabela permite observar a enorme importância da taxa de juros num estudo econômico. Em países francamente desenvolvidos, em períodos não inflacionários, pode-se mesmo fazer, caso por caso, a escolha de uma taxa de juros adequada às peculiaridades do problema.

Não é essa contudo a atual conjuntura brasileira, onde a taxa de juros é fixada em função de circunstâncias alheias à análise econômica propriamente dita.

3. VIDA PROVÁVEL DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

A análise exemplificativa que vem de ser feita ressalta a influência da vida provável das estruturas hidráulicas num estudo econômico. Nos países desenvolvidos meticolosos estudos permitem ao projetista ter idéia precisa da vida provável de milhares de bens móveis e imóveis. A Tabela seguinte foi adaptada

de uma publicação do Departamento de Rendas Internas do Governo dos Estados Unidos (Bull. F. 1942 do US Internal Revenue Department).

E s t r u t u r a	Vida provável (anos)
1) Bacias de decantação	50
2) Barragens	
a) de terra, de concreto, de alvenaria	150
b) de pedra solta	60
c) com estruturas metálicas	40
3) Bombas	de 15 a 25
4) Calhas	
a) de concreto	75
b) de aço	50
c) de madeira	25
5) Canais	75
6) Condutos forçados de inst. hidroelétricas	50
7) Encanamentos	
a) de ferro fundido	de 50 a 75
b) de concreto	de 20 a 30
c) de aço	de 30 a 50
8) Filtros (constr. civil)	50
9) Geradores	de 15 a 25
10) Hidrantes	50
11) Poços	de 40 a 50
12) Reservatórios	75
13) Tuleis	100
14) Turbinas	35

É também prática difundida nos Estados Unidos adotar nos estudos preliminares para o aproveitamento múltiplo de uma bacia como vida média provável do conjunto das estruturas hidráulicas um prazo de 50 anos.

Deve-se observar que numa comparação de custo anual, via de regra, uma grande diferença na vida média provável tem influência muito menor que a devida a uma discreta diferença na taxa de juros.

4. RELAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA PROVÁVEL DE EVENTOS EXTREMOS E O PROJETO ECONÔMICO DE CERTAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

Muitos problemas da Engenharia Hidráulica estão relacionados à ocorrência de certos eventos extremos, como por exemplo as cheias periódicas de um curso d'água. No momento em que o projeto está sendo elaborado os períodos e os valores dos eventos extremos só podem ser previstos no sentido probabilístico. Nunca é demais insistir que um dos principais objetivos dos estudos hidrológicos é exatamente o de prever a intensidade e a frequência desses valores extremos.

Alguns exemplos elucidam melhor o que dissemos.

A) *Galerias de águas pluviais*: Quanto maior a capacidade dos condutos maior a inversão inicial e conseqüentemente mais alto o custo anual da amortização e juros. Por outro lado, quanto maior a capacidade dos condutos, menor a frequência provável de extravasamentos e menores os danos causados aos proprietários de prédios urbanos.

Claro é que o objetivo econômico a atingir é tornar mínima a soma do custo anual total do sistema (anuidades + custo da manutenção + custos de operação, etc.) e do custo médio anual dos danos ocasionados pelos extravasamentos.

Quanto mais sérias as conseqüências de um extravasamento mais justificáveis os investimentos para reduzir a freqüência de sua ocorrência.

Por exemplo, num bairro residencial a análise econômica pode conduzir a um dimensionamento que permita em média um extravasamento em cada três anos; já num distrito comercial ou industrial pode ser econômico ter galerias com capacidade suficiente para limitar os extravasamentos a uma freqüência média provável de uma vez em cada vinte anos.

B) *Extravasores de barragens*: Freqüentemente dimensionados para atender a eventos extremos cuja freqüência de ocorrência ultrapassa a própria vida provável da estrutura.

Nesse caso, os custos relativos aos prejuízos ocasionados pela ocorrência dos eventos extremos não podem ser expressos como custos dos danos médios anuais durante a vida da estrutura mas sim em termos do *custo anual do risco do dano*, o qual é o produto da probabilidade que o evento ocorra em um ano qualquer pelo custo estimado dos danos se o evento efetivamente ocorrerse.

5. CONTRASTE ENTRE OS ESTUDOS ECONÔMICOS PARA OS EMPREENDIMENTOS PRIVADOS E PARA AS OBRAS PÚBLICAS

Nos empreendimentos privados o estudo econômico costuma ser orientado no sentido de ocasionar o "cash-flow" ótimo; nas obras públicas há a necessidade de uma avaliação formal dos benefícios públicos.

Nem sempre essa avaliação pode se processar com facilidade, de vez que surgem causas intangíveis sujeitas a controversias veementes que tornam a análise extremamente complexa.

A título informativo a legislação específica norte americana (Flood Control Act de 1933) determina a participação do poder público "if the benefits to whomsoever they may accrue are in excess of the estimated costs, and if the lives and social security of people are otherwise adversely affected".

6. EXEMPLO DE ANÁLISE ECONÔMICA DOS BENEFÍCIOS E CUSTOS DE UMA OBRA PÚBLICA

Em uma certa bacia hidrográfica os prejuízos anuais médios ocasionados por enchentes são avaliados em 110 milhões de cruzeiros. Foram feitas estimativas de custo de várias alternativas de obras de proteção a enchentes. Existem dois locais possíveis para a construção de barragem e reservatório de acumulação A e B. Como o local da barragem A cai na área do reservatório B, uma das duas pode ser feita, mas não as duas simultaneamente. Cada barragem e seu respectivo reservatório pode ser feita isoladamente ou pode ser combinada com melhoramentos no rio. Também é possível fazer apenas melhoramentos no rio.

Vida média provável dos melhoramentos no rio: 20 anos

vida média provável da barragem e reservatório: 100 anos

Taxa de juros: 12%

O Quadro seguinte indica os custos de cada alternativa e os elementos envolvidos na análise econômica. Os números exprimem milhões de Cr\$.

O Quadro mostra que a soma é mínima para a alternativa II — Melhoramentos no leito do rio. Outro modo freqüente de analisar tais projetos de implantação de obras públicas é através da chamada "razão benefício/custo". No caso em exame, os benefícios seriam representados pelas reduções anuais estimadas nos prejuízos devidos às enchentes e os custos coincidiriam com os

encargos anuais de anuidades acrescidos das despesas anuais de operação e manutenção.

Alternativa	Inver- são	Prejuizo médio anual devido às enchentes	Anui- dades	Operação e Manuten- ção anuais	Custo Total anual
I) Ausência de obras de controle de enchentes	0	110,0	0	0	110,0
II) Melhoramentos no leito do rio	250,0	37,5	33,5	15,0	86,0
III) Barragem e reservatório em A	450,0	28,5	54,0	9,0	91,5
IV) Barragem e reservatório em B	600,0	20,0	72,0	12,0	104,0
V) Barragem em A + + Melhoramentos no leito do rio ...	525,0	15,0	64,0	24,0	103,0
VI) Barragem em B + + Melhoramentos no leito do rio ...	675,0	9,0	82,0	27,0	118,0

Pode-se organizar o seguinte Quadro para a análise da razão benefício/custo.

Alternativa	Benefícios Anuais	Custos Anuais	Razão Benefício/Custo
I	—	—	—
II	72,5	48,5	1,49
III	81,5	63,0	1,29
IV	90,0	84,0	1,07
V	95,0	88,0	1,08
VI	101,0	109,0	0,93

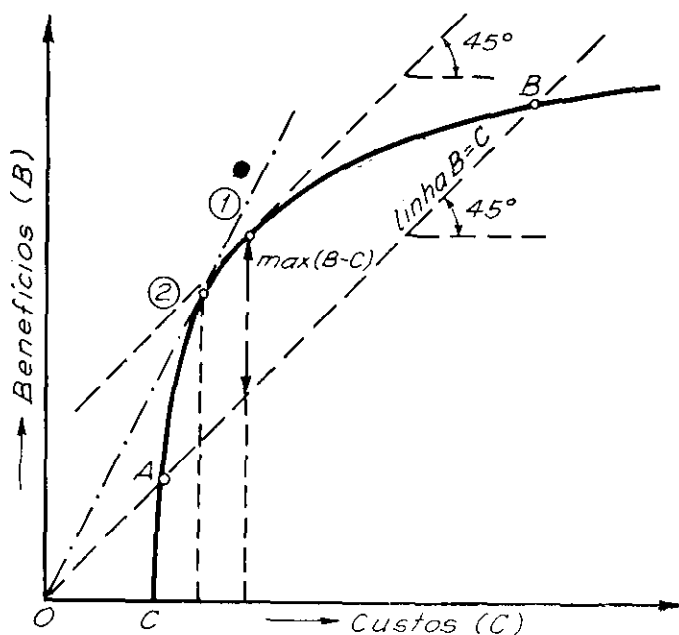
Nem sempre as razões benefício/custo fornecem indicações suficientes para a escolha econômica entre as várias alternativas. Com frequência são computados os benefícios adicionais ocasionados por cada um dos incrementos de custos e são determinadas as razões dos incrementos dos benefícios para os incrementos de custos. Isso equivale a dizer que os custos extras só se justificam

quando são excedidos pelos benefícios adicionais. O Quadro abaixo resume essa pesquisa suplementar.

Alternativa	Benefícios Anuais	Diferença de Benefícios	Custos Anuais	Diferença de Custos	Razões Dif. Benefícios / Dif. Custos
II	72,5		48,5		
III	81,5	9,0	63,0	15,5	0,58
IV	90,0	8,5	84,0	21,0	0,41
V	95,0	5,0	88,0	4,0	1,25
VI	101,0	6,0	109,0	21,0	0,29

Esse quadro faz realçar ainda mais a vantagem econômica da Alternativa II.

Finalmente o gráfico seguinte sintetiza as observações que vem de ser feitas.



São pontos notáveis no diagrama:

ponto (1) — ponto de tangência de uma paralela à reta $B - C$; este é o ponto para o qual $B - C$ é máximo;

ponto (2) — ponto de tangência de uma reta passando pela origem; este é o ponto para o qual a razão $\frac{B}{C}$ é máxima.

A abscissa à origem OC mostra que abaixo de um certo custo mínimo não há benefícios.

Ao longo da curva CAB , o trecho AB representa a região onde os benefícios excedem os custos.

O intervalo (1) (2) seria o correspondente aos melhores rendimentos econômicos.

7. ANÁLISE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA FINALIDADES MÚLTIPLAS

Um dos mais adequados campos de aplicação do exame econômico que acaba de ser indicado é o relativo ao aproveitamento de recursos hídricos para finalidades múltiplas. Nos últimos trinta anos vem se avolumando consideravelmente a tendência para o planejamento integral dos recursos de uma bacia de modo a atender as mais variadas finalidades. Como a conservação e utilização dos recursos hidráulicos está intimamente relacionada à conservação e à utilização de todos os recursos naturais de uma região, dado que o aproveitamento dos recursos hídricos possibilita um vigoroso avanço no desenvolvimento econômico, o problema se enquadra, via de regra, num planejamento regional que se reflete sobre a própria economia nacional. Principalmente nos países subdesenvolvidos ou em rápido desenvolvimento como o Brasil, o aproveitamento de recursos hídricos para finalidades múltiplas, além de importante é de extrema urgência, pois ao passo que alguns recursos básicos, como os minerais, podem ser preservados nos seus depósitos naturais constituindo riqueza potencial para as gerações futuras, as águas correntes não utilizadas estão perdidas como fonte de riqueza.

As bacias hidrográficas constituem as subdivisões naturais dos recursos hídricos; entretanto nem sempre elas se encontram totalmente dentro de um Estado ou de um país, e lamentavelmente impecilhos políticos, constitucionais e legais podem interferir em seu aproveitamento.

O ideal, que deveria constituir um verdadeiro "slogan" na Engenharia Hidráulica, é que se pudesse ter "*Uma bacia, um plano*", de maneira que os recursos de um rio não apenas fôssem encarados em conjunto como também desenvolvidos "dentro da mesma unidade com que a Natureza encara suas riquezas, suas águas, a terra e as matas reunidas numa trama inteira" na feliz expressão do historiador norte-americano Maitland.

Para mostrar a importância decisiva do estudo econômico dos aproveitamentos para finalidades múltiplas nada melhor do que recorrer mais uma vez à experiência norte-americana, citando alguns princípios fundamentais formulados pela United States President's Water Resources Policy Commission em 1950.

- 1 — Metas regionais e nacionais claramente definidas englobando os planos de aproveitamento dos recursos hidráulicos.
- 2 — Planejamento de uma bacia hidráulica como um todo, e não um mosaico de planos organizados por Departamentos distintos com finalidades separadas.
- 3 — Processo simples para determinar se o dinheiro a ser investido em um programa de uma bacia hidráulica será bem gasto.
- 4 — Sistema de tarifas, de taxas e de retribuições que tratem equitativamente todos os que recebem benefícios com o investimento a ser feito.
- 5 — Inserção do programa financeiro das empresas de aproveitamento hidráulico no programa ou plano da bacia. Caracterização do esquema anual de investimento como um efetivo fator de estabilidade econômica.
- 6 — Conhecimentos apropriados por parte dos planejadores e dados capazes de assegurar bons planos.
- 7 — Aplicação de sadios princípios conservacionistas do solo e exato conhecimento da hidrologia das águas subterrâneas em suas relações com as águas correntes.
- 8 — Utilização racional dos recursos hidráulicos visando fundamentalmente o desenvolvimento econômico.

O simples enunciado desses princípios mostra à sociedade a predominância dos aspectos econômicos e sociais dos aproveitamentos para finalidades múltiplas.

Os mais grandiosos planos de aproveitamento de recursos hídricos para finalidades múltiplas são o do TVA norteamericano e o de fertilização das estepes da Rússia Meridional européa.

A Tennessee Valley Authority foi criada pelo Presidente Roosevelt em 1933 com o objetivo de aproveitar para finalidades múltiplas o rio Tennessee, caudal de grande descarga, alimentado pela maior precipitação pluviométrica da parte oriental dos Estados Unidos. O Tennessee junta-se ao Ohio e desagua no Rio Mississippi. A região abrangida pelo plano é de área equivalente a do Estado de São Paulo, com população da ordem de oito milhões de habitantes.

O plano soviético de fertilização das estepes do Sul da Rússia Européa abrange uma área cerca de quatro vezes a do Estado de São Paulo e deve realizar entre outros os seguintes objetivos:

- a) aproveitamento hidráulico propriamente dito, com a construção de 44.000 reservatórios de acumulação;
- b) reflorestamento de cerca de 6 milhões de Ha;
- c) formação de pastagens numa área aproximada de 14 milhões de Ha.

Dada a importância do assunto, apesar do caracter resumido do Curso de Introdução à Engenharia Hidráulica, permitimo-nos indicar um Quadro dos elementos de um plano de aproveitamento de recursos hidráulicos para finalidades múltiplas, o qual foi adaptado de um anexo do Relatório do Presidente da Comissão de Política dos Recursos Hidráulicos dos Estados Unidos de 1950.

N.º	Elemento	Finalidade	Tipos de obras e medidas
1	Contrôle de enchentes	Prevenção ou redução de prejuizos devidos às enchentes, proteção do desenvolvimento econômico; reservação, regulação de vazão, recarregamento do lençol subterrâneo, suprimimento de água, produção de energia, proteção à vida.	Barragens, reservatórios de acumulação, endicamentos, melhoria do álveo, condutos, estações de bombeamento, zoneamento de regiões sujeitas a alagamentos, prevenção de enchentes.
2	Irrigação	Produção Agrícola	Barragens, reservatórios, poços, canais, bombas e estações elevatórias, controle de ervas daninhas, obras de dessalgamento, sistemas de distribuição, drenagem, terraceamento.
3	Aproveitamento Hidroelétrico	Provisão de energia para desenvolvimento econômico, elevação do padrão de vida.	Barragens, reservatórios, condutos forçados, casas de força, linhas de transmissão.

N.º	Elemento	Finalidade	Tipos de obras e medidas
4	Navegação	Transporte de bens e passageiros	Barragens, reservatórios, canais, atracadouros, melhoria em canais abertos, obras portuárias.
5	Suprimento de água para finalidade doméstica ou industrial	Provisão de água para uso doméstico, industrial, comercial e municipal.	Barragens, reservatórios, poços, condutos, estações de bombeamento, estações de tratamento, sistemas de distribuição.
6	Conservação do solo	Conservação e melhoria do solo, combate à erosão, desenvolvimento e melhoria de florestas e pastagens, proteção das fontes de suprimento de água.	Práticas conservacionistas, métodos Agrícolas racionais, controle de enxurradas, açudes.
7	Uso recreacional da água	Melhoria do bem estar e aprimoramento da saúde do povo.	Reservatórios, oportunidades para uso recreacional, obras de controle da poluição, proteção de regiões panorâmicas.
8	Conservação da vida aquática	Melhoria do habitat de peixes e outros animais aquáticos; diminuição ou prevenção da perda de peixes ocasionada por obras hidráulicas, provisão para expansão da indústria e do esporte de pesca.	Refúgio de animais aquáticos e de peixes, escadas de peixes, grades, reservação, regulação de vazões, repovoamento de correntes e de reservatórios com peixes, controle de poluição, conservação do solo.
9	Contrôle da poluição	Proteção ou melhoramento dos suprimentos de água destinados a usos doméstico, industrial e agrícola; proteção da vida aquática e melhoramento das condições recreacionais.	Estações de Tratamento, reservatórios de regularização de vazões sistemas de esgotos, medidas legais de controle.

N.º	Elemento	Finalidade	Tipos de obras e medidas
10	Contrôle de insetos	Saúde Pública, Proteção de condições recreacionais, proteção de florestas e de colheitas.	Projeto e operação apropriados de reservatórios e obras associadas, drenagem e medidas de extermínio.
11	Drenagem	Produção agrícola, desenvolvimento urbano, proteção da Saúde Pública.	Valas, linhas de drenos, endicamentos, estações de bombeamento, tratamento do solo.
12	Contrôle de Sedimentos	Redução da carga de sedimentos nas carrentes; proteção dos reservatórios.	Conservação do solo, práticas de reflorestamento, construções rodo e ferroviárias adequadas, separação de areia, obras de revestimento e melhoria em canais.
13	Contrôle de Salinidade	Contrôle de contaminação de terrenos agrícolas por água salgada; idem de suprimentos de água industrial e municipal.	Reservatórios de regularização de vazões, barreiras, recarregamento do lençol subterrâneo, obras de Hidráulica Marítima.
14	Precipitação Artificial	Contrôle e regularização de precipitações.	Equipamento portátil de concentração da humidade nas nuvens.

A análise econômica do aproveitamento de recursos hídricos para finalidades múltiplas é feita geralmente através da razão benefício/custo, servindo o exemplo apresentado no item 6 deste Capítulo como elemento elucidativo.

Obviamente, num aproveitamento para finalidades múltiplas, o exame econômico é bem mais complexo, intervindo fatores relacionados aos processos orçamentários, à distribuição dos custos entre as várias partes componentes do sistema e ao regime de taxas e tarifas.

Uma técnica especial foi desenvolvida para essa análise, principalmente nos Estados Unidos.

Dado o caráter do presente capítulo, êsses pormenores fogem ao nosso objetivo. Ao leitor interessado recomendamos o excelente trabalho — "Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects" — Federal Interagency River Basin Committee, Sub-Committee on Benefits and Costs — Washington, 1950.

8. BIBLIOGRAFIA

- LINSLEY and FRANZINI — "Elements of Hydraulic Engineering", McGraw Hill Book Co., New York, 1955.
- ECKSTEIN, OTTO — "Water Resource Development", Harvard University Press, Cambridge, 1958.
- UNITED NATIONS — "Economic Commission For ASIA and FAR EAST — "Multiple purpose River Basin Development — Part 1 — Manual of River Basin Planning — New York, 1955.
- LILLIENTHAL, DAVID E. — "TVA — A Democracia em Marcha" — Tradução de Octávio Alves Velho — Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1956.
- REPORT OF THE PRESIDENT'S WATER RESOURCES POLICY COMMISSION, 1950 — "A Water Policy of the American People" — US Government Printing Office, Washington DC.
- FEDERAL INTERAGENCY RIVER BASIN COMMITTEE, SUB-COMMITTEE ON BENEFITS AND COSTS — "Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects", Washington, 1950.