

# O IMPACTO DAS GRANDES BARRAGENS NO MEIO AMBIENTE\*

## I — APRESENTAÇÃO

O planejamento de recursos hídricos não constitui por si só um fim, mas sim um instrumento que possibilita o aproveitamento racional e integrado do recurso natural água, objetivando satisfazer às necessidades humanas no seu sentido mais amplo. O crescimento vertiginoso das demandas de energia incentivando a construção de grandes reservatórios de acumulação para fins de aproveitamento hidroelétrico, a necessidade crescente de água para fins de abastecimento de cidades, para as indústrias e para a agricultura enfatizam a necessidade de um planejamento criterioso para o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, bem como a necessidade de sua preservação para garantir sua plena utilização.

Nesse sentido, no presente trabalho, após a análise da evolução sofrida no planejamento para construção de reservatórios de acumulação, tendo em vista o caráter de utilização múltipla do recurso água, é apreciado o problema dos conflitos que certos usos proporcionam,

bem como da degradação que determinadas utilizações podem causar à água; daí a importância da implantação de programas que objetivem o controle de sua poluição para garantia da utilização inicialmente prevista.

A seguir, são examinadas as conseqüências que um grande reservatório traz no meio ambiente, além das funções reguladoras que exerce sobre as características quantitativas e qualitativas do caudal, bem como sua importância no desenvolvimento regional, pelas múltiplas utilizações que pode proporcionar.

São analisados, então, os problemas construtivos e operacionais que devem estar presentes por ocasião da elaboração dos projetos e da própria execução das obras, tendo em vista as condições geradas à região, a necessidade da harmonização dos usos da água, a importância no controle das condições prevalentes, particularmente as de ordem sanitária, bem como a necessidade de um suporte tecnológico adequado para tais tarefas.

O trabalho conclui apresentando uma série de exemplos nacionais em que a imprevisão no planejamento da obra, a falta de estudos mais aprofundados sobre as influências do meio ambiente, ou a natural evolução sofrida para usos múltiplos de reservatórios previstos inicialmente para utilização única geram posteriormente problemas sérios, ao Poder Público, quando na busca das necessárias correções.

---

\* Trabalho apresentado pela CETESB no 10.º Seminário Nacional de Grandes Barragens; Curitiba, Março de 1975. Foi preparado pelos Engenheiros Benoit Almeida Victoretti, Max Lothar Hess, Celso Eufrásio Monteiro e Paulo Salvador Filho.

## II — OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

**2.1 — Os usos da água** — Nenhum recurso natural, salvo talvez o ar, apresenta tantos usos legítimos quanto a água. Em grandes linhas pode-se dizer que o homem, em sua moderna vida social e industrial, utiliza a água para múltiplos fins, ou sejam:

Abastecimento doméstico, abastecimento industrial, matéria-prima para indústria, fonte de proteínas, recreação, irrigação, dessedentação de animais, geração de energia, transporte e diluição de despejos.

**2.2 — Importância da água para diluição de despejos** — Considerar a diluição de despejos como um uso legítimo das águas representa uma necessidade econômica, pois sabe-se que, normalmente, o custo do tratamento de despejos cresce exponencialmente com seu grau de depuração. Conseqüentemente, a partir de uma determinada percentagem de remoção de poluentes, qualquer pequeno incremento nessa percentagem só será conseguido a um custo muito elevado.

Um outro aspecto que possibilita, e mesmo justifica o uso da água para diluição de despejos, é o fenômeno da sua autodepuração que pode propiciar, de maneira natural e nas próprias coleções de água, a redução complementar de quase toda a carga poluidora.

**2.3 — A água — um peculiar recurso natural** — Os recursos hídricos devem ser considerados como um peculiar recurso natural, pois, enquanto a grande maioria dos que são postos à disposição do homem desaparece com o uso, a água sofre alterações quantitativas e qualitativas, estas últimas, quase sempre, de importância transcendental.

Este fato torna-se mais evidente ao se considerar que há retirada de água apenas para as seguintes utilizações:

Abastecimento doméstico, abastecimento industrial, matéria-prima para indústria e irrigação.

Com exceção do uso como matéria-prima para a indústria, nos demais usos há um retorno quase integral, praticamente imediato, da água para o meio ambiente. No caso de irrigação se dá, principalmente, através do enriquecimento do lençol subterrâneo e da evaporação. No caso do abastecimento doméstico e industrial a água retorna, principalmente, sob a forma de águas residuárias.

Ressalte-se que o ciclo de água, além de contribuir para manutenção de sua qualidade,

é um fenômeno que garante, em termos quantitativos, este imprescindível recurso natural.

Com relação à importância das alterações qualitativas, deve-se evidenciar, também, que bastam teores muito pequenos de impurezas para tornar a água inaproveitável para a grande maioria de seus usos. A este respeito é interessante ter bem presente que os esgotos urbanos, normalmente, são constituídos de 99,9% de água e apenas 0,1% de impurezas, aproximadamente.

**2.4 — Necessidade do controle da poluição** — O planejamento de obras hidráulicas deve sempre visar ao aproveitamento múltiplo da água, o que nem sempre se consegue plenamente devido aos denominados conflitos na sua utilização. A solução destes tipos de conflito depende de uma abordagem ampla e geral de planejamento da bacia hidrográfica e, às vezes, até de bacias vizinhas.

Modernamente, há uma tendência em se reconhecer no uso da água para diluição de despejos como o fulcro do equacionamento de uma política que permita as múltiplas utilizações do recurso hídrico, ou pelo menos possa minimizar os problemas de usos conflitantes.

Essa tendência se deve à absoluta necessidade de se disciplinar o uso da água para diluição de despejos, visto que a capacidade de assimilação dos resíduos líquidos pelas coleções de água é limitada, e mais que qualquer outro seu uso inadequado para esse fim torna as águas imprestáveis para a grande maioria de suas utilizações consideradas legítimas, ou sejam:

Abastecimento doméstico, abastecimento industrial, matéria-prima para indústria, fonte de proteínas, recreação, irrigação e dessedentação de animais.

Um aspecto que deve ser lembrado, e a prática o demonstra, é que só se tem conseguido realmente reduzir a poluição, nos países que promulgam leis em que se consideram, equilibradamente, todos os interesses relacionados com os múltiplos usos da água.

## III — O PAPEL DESEMPENHADO PELOS GRANDES RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO NO MEIO AMBIENTE

Se, considerada de maneira mais superficial, a implantação de um reservatório gera prosperidade em regiões vizinhas, verdade é, também, que acarreta inconvenientes. Chega, por vezes, a provocar prejuízos consideráveis, nem sempre levados em conta nos estudos técnico-econômicos da obra.

Em países mais desenvolvidos têm sido realizados numerosos e profundos estudos a esse respeito. Nos Estados Unidos da América do Norte, a poderosa Agência de Proteção do Ambiente (EPA — Environmental Protection Agency) mandou elaborar recentemente (julho de 1974) um trabalho relativo à avaliação dos impactos positivos e negativos dos projetos de aproveitamento de recursos hídricos sobre o meio ambiente (An assessment methodology for the environmental impact of water resources projects). Nesse trabalho são citadas 285 referências bibliográficas sobre o assunto.

O escopo dessa publicação é de colocar, ao alcance de órgãos envolvidos em programas de desenvolvimento, o suporte necessário para a tomada de decisões sobre a maior ou menor adequação da construção de um reservatório, em determinado local. Objetiva, também, conscientizar os especialistas em recursos hídricos quanto à necessidade de procurarem suporte tecnológico em áreas que fogem à sua especialidade.

### 3.1 — Funções reguladoras do reservatório

Um reservatório exerce uma função reguladora no caudal de um rio, mesmo quando não projetado para esse fim. Não se pode ignorar o fato de a barragem ser um obstáculo interposto em seu leito natural e constituir um corpo estranho na natureza produzindo, fatalmente, uma reação de desequilíbrio no meio ambiente, atingindo freqüentemente o próprio homem. Não que se deva deter o progresso para não agredir a Natureza, mas que se conheçam as leis da Natureza para prevenir danos futuros, não previstos. Às vezes é necessário parar um instante para pensar nas coisas que o técnico faz impensadamente e que podem tornar, para o futuro, cada vez mais difícil o uso da água, do solo, ou demais recursos naturais.

A função reguladora do reservatório é uma conseqüência inevitável da barragem, embora benéfica na maioria das vezes. Áreas inundáveis durante as cheias podem ser recuperadas para fins agrícolas e os danos causados pelas enchentes são, freqüentemente, reduzidos.

Mas há o reverso da medalha. Em muitas regiões (e temos o histórico exemplo do rio Nilo) as enchentes anuais, carreando sedimentos de natureza orgânica arrastados pelas chuvas, vão depositar estes materiais sobre os solos alagados, aumentando sua produtividade. A regularização do curso de água, neste caso, pode resultar em prejuízos.

O próprio reservatório, freqüentemente, vai causar inundações onde antes não se verificavam, particularmente nos afluentes do curso represado. O estabelecimento de um nível de água mais elevado que o original, com o aumento da seção de vazão, provoca a deposição de sedimentos na foz, com a formação ocasional de ilhas ou deltas que impedem o livre escoamento das vazões máximas, causando enchentes.

O lago formado funciona, também, como decantador natural. Esta condição geralmente tem conseqüências prejudiciais. A sedimentação provocada pela redução de velocidade acarreta a siltagem, que pode influir na operação do próprio reservatório, bem como atuar negativamente na qualidade da água, pela deposição no fundo de substâncias degradáveis.

Por outro lado, a água mais limpa encontrada a jusante da barragem é mais erosiva, causando alterações de forma no álveo do rio, alterações essas muitas vezes indesejáveis, provocando o assoreamento de estruturas, desbarrancamentos de margens, alterações do nível médio das águas, aprofundamento da calha do rio e outras. Têm sido citados casos, inclusive, de dificuldades na potabilização de águas de baixa turbidez.

A tendência que tem o profissional da área de obras hidráulicas é considerar o reservatório como sempre trazendo conseqüências benéficas, de vez que as vazões extremas são atenuadas, propiciando melhoria nas disponibilidades de água e, conseqüentemente, em seu melhor aproveitamento energético. É, pois, salutar que recorra a profissionais de outras especialidades para ampliar a visão do problema e permitir que sejam introduzidas, no planejamento e projeto da barragem, medidas às vezes aparentemente insignificantes, e que podem diminuir consideravelmente os impactos negativos que proporciona.

Um dos aspectos negativos é o que se refere à fauna aquática. Até o momento em nosso país não tem sido dada devida importância à pesca comercial de peixes de água doce. Muitas vezes passivas, complacentes e desaparelhadas, as autoridades de proteção à caça e à pesca têm tido sua ação restrita a um punhado de gente esforçada, conscientizada e idealista, porém, desafortunadamente desamparada.

Entretanto, será chegado o dia em que as tímidas operações de repovoamento de algumas represas se transformem em ação corajosa, de grande envergadura, e de alcance econômico e social.

A construção de uma barragem divide o rio em dois estirões de água corrente, separados por um corpo de água com características bem diferentes. É fatal que o lago não ofereça condições à existência da maior parte dos peixes antes existentes e que, no reservatório, serão substituídos por espécies menos desejáveis, de menor valor comercial. Medidas apropriadas de repovoamento, porém, podem e devem ser adotadas, o que poderia transformar substancialmente o quadro hoje existente.

Estes poucos exemplos mostram, assim, como as funções reguladoras do reservatório podem produzir condições negativas ao lado dos aspectos positivos que proporcionam para a economia da região.

### 3.2 — Influência sobre o meio ambiente

— Os grandes reservatórios têm influência marcante sobre o meio ambiente. Para exemplificar, pode ser citada a modificação no microclima regional, pelo maior contato água-ar e água-solo. Maiores taxas de evaporação e evapo-transpiração podem aumentar a umidade relativa do ar, como no conhecido caso de Brasília. O lago do Paranoá foi concebido com função múltipla: geração de energia, lazer e melhoria no grau de umidade do ar.

O estado higrométrico do ar no Distrito Federal, em seus primeiros anos, era semelhante ao do deserto do Saara. Hoje, com auxílio do lago e das extensas áreas verdes irrigadas, a umidade do ar já está próxima do mínimo desejado, podendo estar normalizada após a construção do lago de São Bartolomeu e o enchimento do reservatório do Descoberto.

A realimentação do lençol freático, provocada pela elevação do nível de água, acarreta efeitos benéficos para as atividades agrícolas. Eventuais reservas naturais desaparecidas sob as águas poderão ser previamente transferidas para essas áreas compensando, assim, os prejuízos causados ao vale inundado.

A oscilação do nível de água decorrente da operação do reservatório cria a seu redor uma faixa despida de vegetação, por tratar-se de áreas alternadamente secas e inundadas, restringindo a possibilidade do desenvolvimento de plantas, tanto aquáticas quanto terrestres.

Esta faixa é inóspita à maioria dos animais. Entretanto, no período das secas, quando as águas baixam, deixam sobre esta área sedimentos bentônicos que, às vezes, contêm alimentos para pequenos mamíferos e aves. Por outro lado, essas faixas despidas são mais sujeitas à erosão do que o solo original.

Normalmente as chuvas carregam para os reservatórios sedimentos oriundos de terras agrícolas, pastagens e cidades, "fertilizando" suas águas. Esta pletora de nutrientes estimulará o desenvolvimento de certos microrganismos, especialmente de algas, além de plantas aquáticas. Estes vegetais poderão chegar a constituir sérios inconvenientes, entupindo grades e canalizações, provocando despandimento de mau cheiro, reduzindo praticamente a zero a transparência da água e impedindo, com isto, a penetração dos raios solares. As águas podem tornar-se corrosivas quando, por alguma razão, há mortandade de algas e, em consequência, o teor de gás carbônico é aumentado. O excesso de oxigênio também tem grande importância na corrosividade das águas.

A acumulação de sais de cálcio quer por concentração devida à evaporação, quer por insolubilização parcial, pode causar incrustações em turbinas, tubulações e outras estruturas que tenham contato com tais águas.

A barragem sempre altera o regime de vazão a jusante e com isto rompe-se o equilíbrio ecológico anteriormente existente. Decorrem, às vezes, anos para que se restabeleça esse equilíbrio, quando ele se restabelece. Concorrem para esta situação a pobreza de nutrientes da água que sai do reservatório, a falta de sedimentos, a concorrência da flora lacustre que se desenvolve, a insolubilização, no reservatório, de diversos compostos úteis dissolvidos na água, e a retenção de organismos (plâncton), antes encontrados na água corrente.

A penúria de alimentação afugenta muitas espécies de animais aquáticos e, conseqüentemente, muitos terrestres que deles vivem.

A fertilidade das terras a jusante pode sofrer redução, tanto pela falta de nutrientes naturais nas águas, quanto pela falta de "adubação natural" que as inundações provocavam nas áreas anteriormente inundadas.

Não somente os peixes são as principais vítimas da construção de uma represa.

Recentemente, ao se proceder à inundação das áreas utilizadas para o reservatório de Promissão, no rio Tietê, além de outros animais, inúmeros exemplares de macacos foram sacrificados por afogamento, desnecessariamente, talvez destruindo um elo da própria cadeia ecológica. Ao encher-se a represa de Jupia, milhares de cobras, fugindo às águas, invadiram a cidade, dizimando granjas de aves e espalhando pânico entre a população.

Não deve deixar de ser citado o flagelo da esquistossomose, impacto negativo criado pela existência de reservatórios que propiciam, com

suas águas paradas e margens de pouca profundidade, um "habitat" convidativo para o caramujo liberador de carcária.

Enfim, a influência sobre o meio ambiente das águas represadas apresenta pontos negativos ao lado das vantagens inegáveis que proporciona para sua melhor utilização.

**3.3 — Importância no desenvolvimento regional** — A existência de um grande reservatório abre perspectivas para muitas atividades, especialmente para a indústria, a agricultura e a pecuária. Poderá exercer uma influência preponderante no desenvolvimento e na prosperidade da região, propiciando a criação de um número apreciável de novos empregos e de atividades comerciais correlatas.

Entretanto, nem sempre suas conseqüências são favoráveis para as regiões próximas. O já citado trabalho da EPA focaliza, por exemplo, o efeito negativo do desaparecimento de atrações naturais como vales, cachoeiras, rios piscosos, que antes atraíam visitantes e turistas, os quais, após a construção da barragem, deixaram de freqüentar a região, com sérios prejuízos para sua economia: lojas sem clientes, hotéis vazios, estagnação de muitas atividades.

Outra conseqüência funesta é a gerada pela diversidade de efeitos econômicos sobre as propriedades: cidadãos às voltas com a perda de suas terras e enleados em longos processos de desapropriação, observando, invejosa e tristemente, a prosperidade dos proprietários de áreas marginais valorizadas. Vem a cizânia entre os vencidos pela fatalidade e os eufóricos com a fortuna.

Podem ser gerados conflitos psicológicos e sociais capazes de intranqüilizar toda uma população pelo desmoronamento da coesão que antes unia os seus habitantes.

Entretanto, é necessário reconhecer que a análise dos impactos sócio-econômicos regionais representa um desafio aos planejadores e demais profissionais envolvidos. Em virtude de grande número de fatores imprevisíveis, estimativas sobre as alterações sócio-econômicas resultantes da construção de reservatórios, certamente estarão sempre afetadas por um elevado grau de imprecisão.

## IV — PROBLEMAS CONSTRUTIVOS E OPERACIONAIS

**4.1 — Usos múltiplos e sua compatibilização** — As exigências humanas quanto ao aproveitamento do recurso natural água são de tal

forma extensas que, freqüentemente, dão origem a usos conflitantes. Os efeitos dessa incompatibilização nos processos naturais são quase sempre desastrosos.

Um planejamento integrado e racional para o aproveitamento global de recursos hídricos deverá não somente prever os diversos usos, mas também os seus efeitos no meio ambiente, garantindo sua integridade e procurando satisfazer às necessidades humanas no seu sentido mais amplo. Muito embora a estratégia de planejamento, para múltiplos fins, seja politicamente atrativa e recomendável, tem sua aplicabilidade condicionada, muitas vezes, a restrições políticas e econômicas bem marcantes. O julgamento de sua viabilidade econômica não deverá estar somente baseada em benefícios diretos dele originados como, também, nos benefícios decorrentes da eliminação ou redução de danos ao ambiente.

Além disso, a utilização da água para fins múltiplos envolve quase sempre aspectos conflitantes que exigem a adoção de medidas conciliatórias objetivando a compatibilização de seus diferentes usos. Com isto, estabelecem-se restrições de uso que limitam seu máximo aproveitamento possível para cada uma das utilizações considerada de forma isolada. A otimização do aproveitamento em seu todo envolve, conseqüentemente, uma redução nas máximas utilizações possíveis de seus componentes, gerando um compromisso entre usuários, para permitir a compatibilização de todo o sistema.

**4.2 — Cuidados requeridos no projeto, construção e operação de reservatórios** — O presente capítulo tem como objetivo básico enfatizar a importância da adoção de certas medidas de caráter preventivo ao se projetar e operar reservatórios de acumulação, tendo em vista a tendência natural de sua utilização para outros fins, que não os inicialmente previstos.

**4.2.1 — Limpeza Prévia da Área de Inundação** — A presença de material orgânico e certas substâncias inorgânicas na área de inundação acarreta, muitas vezes, sensíveis alterações na qualidade da água que impossibilitam a sua plena e racional utilização.

A decomposição da matéria orgânica submersa, devido a ausência de um desmatamento prévio, provocará uma redução do oxigênio dissolvido na água, através de reações bioquímicas de estabilização. Tal redução muitas vezes, poderá levar as águas do reservatório a condições de anaerobiose, impossibilitando o desenvolvimento de peixes e outros organismos

aeróbios e dando origem à produção de compostos orgânicos malcheirosos. A oxidação dos compostos orgânicos produzirá nutrientes minerais que, fertilizando as águas do reservatório, propiciarão condições favoráveis ao indesejável crescimento excessivo de algas.

Por outro lado, a queima das matas existentes na área de inundação, uma das técnicas de limpeza por vezes utilizada, é responsável, também, pelo desenvolvimento do processo de eutrofização em águas represadas. A incineração destrói a maior parte da matéria orgânica, mas enriquece o solo em sais nutrientes sob a forma de cinzas.

Os dois exemplos, a seguir apresentados, mostram a importância de uma limpeza adequada do reservatório antes de seu enchimento. O primeiro refere-se à construção do reservatório do rio Cabuçu, para abastecimento de água de São Paulo em 1907. A ausência de uma limpeza efetiva na área de inundação acarretou sensível degradação na qualidade da água do reservatório, que impossibilitou seu uso para abastecimento por vários anos. O segundo ocorreu em 1962, quando do represamento do Ribeirão do Campo, na bacia do Alto Tietê. A queima generalizada da vegetação na área de inundação resultou em uma fertilização do solo, tão intensa, que a vegetação terrestre crescia mais rapidamente que a elevação da lâmina d'água, provocando, conseqüentemente, o "afogamento" e putrefação da matéria orgânica. A coloração da água resultante da decomposição, o despreendimento de gases de odor séptico e a proliferação intensa de microrganismos indesejáveis impossibilitaram a utilização das águas do reservatório, por longo período.

**4.2.2 — Problemas de áreas marginais de baixa profundidade** — A existência de áreas marginais de baixa profundidade propicia o desenvolvimento e vegetação emergente, fixa ao leito, que contribui de forma significativa para o assoreamento e eutrofização do reservatório.

Os sedimentos de fundo, resultantes da vegetação morta, se estendem para dentro do lago e constituem bom suporte para o desenvolvimento de nova vegetação, acelerando o processo de assoreamento. Por outro lado, a decomposição dessa matéria orgânica proporcionará enriquecimento das águas do reservatório em nutrientes e conseqüente efeito indesejável de uma produção excessiva de algas. Este processo tem causado sérios problemas em reservatórios de abastecimento de água, obrigando a remoção periódica dessa vegetação.

A vegetação emergente pode ainda servir como suporte para fixação e abrigo de insetos

e outros animais aquáticos e subaquáticos, alguns dos quais podendo se constituir em importantes vetores de moléstias endêmicas. Daí a fundamental importância no conhecimento das áreas que possam apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento futuro de surtos de doenças parasitárias, de veiculação hídrica, para possibilitar a adoção prévia de medidas adequadas de proteção.

**4.2.3 — Cuidados requeridos com a tomada de água em reservatórios** — O ambiente aquático, imediatamente a jusante de um represamento, é afetado diretamente pelo sistema de operação de descarga do reservatório e pela qualidade da água descarregada.

O fenômeno de estratificação térmica que ocorre em reservatórios suficientemente profundos não somente produz zonas de temperaturas distintas, mas também distintas em termos de oxigênio dissolvido. As camadas mais profundas apresentam teores de oxigênio dissolvido bastante reduzidos, devido a ausência de mistura, falta de reaeração e demanda bentônica de oxigênio. Tal fato propicia a formação de compostos tóxicos, malcheirosos, decorrentes de uma atividade anaeróbica que aí se desenvolve.

As descargas de fundo, portanto, poderão acarretar sensíveis alterações nas condições sanitárias do curso d'água, a jusante do reservatório, restringindo em certa extensão algumas das atividades que poderiam ter significativa importância econômica no desenvolvimento da região. Assim, no caso de reservatório de grande profundidade tal fato justifica a utilização de dispositivos de tomada de água que possibilitem descargas a várias alturas.

**4.2.4 — Necessidade em áreas de proteção** — A tendência crescente de planejamento racional e integrado dos recursos hídricos incentiva, cada vez mais, o aproveitamento e construção de reservatórios de acumulação para múltiplos fins, advindo, portanto, a necessidade de preservação da qualidade de suas águas. Inúmeros fatores contribuem para a deterioração das águas armazenadas em reservatórios. Alguns deles referem-se à própria constituição da área de drenagem, tais como declividade, natureza e características do solo. Outros são decorrentes do desenvolvimento não planejado de atividades humanas às margens do reservatório.

A poluição das águas proveniente de lançamento de despejos de resíduos líquidos industriais e domésticos, como também o escoamento de águas superficiais ricas em fertilizantes e defensivos agrícolas oriundas de áreas

cultivadas, trarão ao reservatório conseqüências ecológicas desastrosas, impedindo a sua utilização para outros fins, que não a diluição de despejo. A preservação da qualidade das águas do reservatório, que permitirá a sua plena utilização, estará portanto na dependência da adoção de medidas de proteção. Tais medidas incluem a disciplinação do uso do solo na área de drenagem, estabelecimento de faixas de segurança, regulamentação das atividades recreacionais, fiscalização permanente dos focos potenciais de poluição com o levantamento periódico das condições sanitárias das águas do reservatório e seus tributários.

**4.2.5 — Problemas sócio-econômicos nas áreas destinadas à acumulação** — As desapropriações de áreas muitas vezes altamente férteis, o deslocamento de populações, a relocação de vias de comunicação e linhas de transmissão de energia, a reconstrução de obras situadas dentro da área de acumulação de reservatórios podem vir a se constituírem em problemas complexos e de difícil solução, e que devem merecer especial atenção por ocasião do planejamento. Exemplo típico, a chamar a atenção dos planejadores, é o da remoção de necrópoles situadas em tais áreas, à vista das implicações de ordem sanitária que regulamentam o problema referente a prazos para as exumações necessárias. A complexidade de tais problemas, evidentemente, dependerá do nível de urbanização da área a ser inundada, da economia da região e da extensão do projeto. Por outro lado, a inevitável utilização do recurso água, em atividades muitas vezes de significativa importância econômica, desenvolvidas a jusante do represamento, exige um planejamento criterioso no sentido da manutenção de descargas mínimas que satisfaçam às reais necessidades da região.

A construção da barragem do rio Cachoeira, afluente do rio Atibaia, para fins de abastecimento de São Paulo (Sistema Cantareira), evidencia a necessidade do conhecimento prévio de problemas sócio-econômicos, sem os quais o projeto mostrar-se-á deficiente. Esse represamento trouxe, além dos problemas habitacionais e de desemprego devido ao deslocamento de populações rurais para os centros urbanos, a queda da produção agrícola decorrente da desapropriação de áreas altamente produtivas, no município de Piracaia. A inundação das vias de comunicação e falhas na previsão por ocasião do enchimento do reservatório propiciou, no período de cheias, o isolamento do centro urbano de Piracaia, com pre-

juízos econômicos sensíveis pela deterioração de produtos perecíveis.

O fechamento da barragem e o desvio do rio Cachoeira, do seu curso natural para o reservatório do Atibaia, acarretou significativa redução da capacidade de assimilação e diluição de despejos daquele rio, a jusante do represamento. Além disso, recebendo nesse local o esgoto bruto de Piracaia, criou condições propícias à proliferação de mosquitos e ao desenvolvimento de odores sépticos, além de se constituir em foco potencial ao surgimento de doenças endêmicas.

**4.3 — Problemas sanitários** — A construção de reservatórios de acumulação pode ocasionar significativas alterações nas características físicas e químicas da água.

Estas alterações de qualidade desencadeiam alterações ulteriores na ecologia, estética e, finalmente, no seu aproveitamento para múltiplos fins. O ambiente natural sofrerá perturbações expressivas, não somente na área de inundação como também em grande parte da área de drenagem, face a tendência natural de ocupação humana, na maioria das vezes desordenada, dessas áreas.

A ausência de um uso disciplinado da terra e de cuidados especiais quando do planejamento para a construção do reservatório, poderão trazer, como conseqüências, sérios problemas à Saúde Pública. Áreas marginais pantanosas transformam-se em focos potenciais ao desenvolvimento de vetores de doenças endêmicas.

Até por volta de 1940, a represa Billings, no Estado de São Paulo, propiciava, nas áreas marginais recém-inundadas, a proliferação de mosquitos anofelinos, provocando a ocorrência em caráter endêmico da malária. Neste mesmo Estado, a represa de Barra Bonita, na bacia do rio Tietê e a represa de Americana, na bacia do Piracicaba, até há algum tempo apresentavam focos de caramujos planorbídeos, hospedeiros do verme *schistosoma*. Estes moluscos fixavam-se à vegetação flutuante existente próxima às margens e nas baías mais pronunciadas do represamento. A eutrofização permanente facilitava o desenvolvimento dos vegetais que serviam de suporte aos moluscos. Na represa de Americana, onde se desenvolviam atividades recreativas, cerca de 16 casos positivos de contaminação foram registrados em banhistas.

Alguns autores parecem ter encontrado, também, uma relação evidente entre o aumento da incidência de certas micoses e de outras doenças cutâneo-parasitárias de veiculação hí-

drica, e a construção de reservatórios de acumulação.

**4.4 — A necessidade de um suporte tecnológico adequado** — O impacto ambiental causado pela construção de um reservatório de acumulação, caracterizado pelas alterações físicas, químicas e biológicas sofridas pelas águas, pela degradação destas águas devido à ocupação humana das áreas marginais e pelos problemas de Saúde Pública disso decorrentes, evidencia a inconveniência dos planejamentos restritos de recursos hídricos que objetivem atender a um setor específico de interesse. O transbordamento inevitável para outros campos dos conhecimentos humanos resulta na necessária participação de entidades tecnológicas capacitadas, que se constituirão em suporte imprescindível para a assessoria ao planejamento, projeto, construção e operação de tais reservatórios.

A conscientização sobre as alterações ecológicas causadas pela construção de grandes barragens e a necessidade crescente da utilização do recurso água para múltiplos fins têm levado companhias geradoras de eletricidade tais como Centrais Elétricas de São Paulo, Centrais Elétricas de Minas Gerais e Furnas Centrais Elétricas S.A. a promoverem cuidadosos estudos, através da CETESB. Eles visam ao levantamento das condições sanitárias de inúmeros reservatórios, à manutenção e desenvolvimento de sua fauna ictiológica, assim como buscam estabelecer valores para as descargas mínimas necessárias à manutenção de níveis de qualidade de água, a jusante do represamento, compatíveis com a sua utilização. Tais estudos objetivam, em resumo, minimizar os efeitos negativos provocados pela construção da obra de barragem.

Esses trabalhos, em desenvolvimento já há alguns anos, irão inevitavelmente fornecer subsídios de fundamental importância ao planejamento e operação de futuros reservatórios. Fornecerão elementos básicos que permitam a tomada de medidas de proteção adequadas à garantia de sua plena e racional utilização.

## **V — A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO INTEGRAL EM UMA BACIA**

**Exemplos nacionais** — A análise efetuada dos usos múltiplos da água em uma bacia hidrográfica mostrou não apenas a existência de usos conflitantes, como a própria degradação que alguns deles provocam sobre a qualidade dos recursos hídricos utilizados. Foi, assim, enfatizada a importância que representa um

programa de controle de poluição como garantia à plena utilização de tais recursos, sem o que pode, de futuro, serem comprometidos alguns de seus empregos pelo homem, por vezes, os mais nobres.

Foi ressaltado também, no decorrer do trabalho apresentado, que a compatibilização para a utilização múltipla da água exige cuidados prévios. Estes vão desde a fase de seu planejamento inicial até seu regime de operação após a conclusão das obras, não perdendo de vista as atenções requeridas durante a execução de seus projetos executivos, bem como das medidas acauteladoras que devem presidir a fase de sua construção.

Ficou particularmente ressaltada a importância crescente de um planejamento integrado na bacia hidrográfica, especialmente em determinadas regiões onde a execução de um reservatório vai propiciar o desenvolvimento de várias novas atividades até então inexistentes. Mesmo aqueles reservatórios que são supostamente destinados a servirem a uma única finalidade, que representa de início o escopo principal, se não único, do empreendimento, mostra a experiência que passam a ser usados, no futuro, para outras destinações que por vezes se transformam nas mais importantes.

Exemplo clássico, nacional, que pode ser apontado para esse caso, é o do reservatório Billings, construído nas proximidades da capital de São Paulo para gerar energia elétrica em usina situada ao pé da Serra do Mar, aproveitando um desnível superior a 700 metros. Para aumentar a capacidade de água a ser derivada do reservatório, foi imaginado um engenhoso sistema de alimentação suplementar, mediante reversão das águas da bacia hidrográfica do Alto Tietê, utilizando-se de barragens e estações elevatórias construídas ao longo do rio Tietê e de seu afluente Pinheiros, que tiveram seus cursos parcialmente invertidos.

O espantoso desenvolvimento da capital e cidades vizinhas, decorrência em grande parte do inteligente e bem localizado sistema produtor de energia elétrica instalado, gerou, em pouco mais de trinta anos, duas situações extraordinariamente curiosas: necessidade de grandes volumes de água para atender ao abastecimento de uma população que ameaça ultrapassar a casa dos 20 milhões de habitantes ao final do século, e impossibilidade de utilização, para tal fim, e a curto prazo, do imenso volume de água acumulada no reservatório Billings (1,2 bilhões de metros cúbicos); isto em virtude da poluição maciça que ele sofre, com a reversão de águas altamente poluídas que drenam a região metropolitana de São Paulo.

Esse imenso lago artificial, inteiramente dentro da área metropolitana, além de incapaz de ser utilizado para o lazer de sua população, vai contribuir, pelas descargas das turbinas geradoras no rio Cubatão, para a poluição do estuário santista e de suas praias. Tal situação aumenta, de muito, os riscos que representam os fins de semana à saúde do paulistano.

Assim, se hoje os prejuízos causados à geração de energia pelo elevado grau de poluição das águas armazenadas na Billings têm algum significado econômico, o mesmo não se poderia dizer com relação aos demais usos, particularmente o abastecimento público, que exige maciças inversões financeiras do Poder Público para importar água de outras bacias bem mais distantes. Seu uso futuro, no entanto, não está afastado, mas condicionado ao do destino adequado dos esgotos sanitários da região, em um plano de grande amplitude que analisa os recursos hídricos de toda a região metropolitana, inclusive da baixada santista, pela íntima relação provocada pelo citado sistema de reversão de águas.

A recuperação de tais recursos hidráulicos, permitindo sua múltipla utilização, além da energética inicialmente prevista, é o grande desafio a ser enfrentado pela atual geração, nessa importante área do território nacional.

Um planejamento integrado representa uma garantia para os múltiplos usos das águas de uma bacia hidrográfica. Quando estas áreas são objeto de planos parciais, corre-se o risco de, em pouco tempo, planos subseqüentes trazerem conflitos por vezes de difícil harmonização para o desenvolvimento da região. Soluções, ainda que mais onerosas, se tornam necessárias para permitir a compatibilização de tais usos. Vários exemplos poderiam ser apontados, em termos nacionais, para ilustrar os inconvenientes causados pela falta de planos integrados, objetivando ao desenvolvimento de regiões em nossa terra.

Um dos mais recentes, tornou-se emergente por ocasião dos estudos para elaboração do plano diretor para o abastecimento de água da região metropolitana de Salvador. Os primeiros trabalhos realizados indicaram uma previsão de consumo de água da ordem 27 m<sup>3</sup>/s para a região, ao final deste século, dos quais cerca de 12 m<sup>3</sup>/s para o abastecimento urbano de uma população estimada estar próxima dos 5 milhões de habitantes. Os restantes 15 m<sup>3</sup>/s se destinariam ao consumo industrial, em sua maior parte de indústrias ligadas ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari.

Os estudos das disponibilidades hídricas indicam a necessidade de reversões de água de bacias próximas àquela onde se situa o reservatório Joanes I, principal abastecedor do sistema atual, sendo apontado o Rio Jacuípe como um dos possíveis mananciais aproveitáveis. As alternativas estudadas estimavam a possibilidade de retirar do reservatório Joanes I, vazão superior a 30 m<sup>3</sup>/s, após a realização das obras de reversão.

Todo o sistema, porém, estaria na dependência de um importante estudo que deveria ser realizado para a proteção a esses mananciais, ameaçados seriamente pela poluição industrial proveniente das áreas industriais estabelecidas para a região, em particular aquela devida ao Pólo Petroquímico de Camaçari, situado em uma difícil posição entre as bacias vertentes do Joanes e Jacuípe. Ao que os estudos iniciais indicavam, pesadas obras se farão necessárias para a interceptação e destino adequado desses despejos industriais, para a indispensável proteção do abastecimento de água potável da região metropolitana de Salvador.

Por vezes, não é só a falta de previsão sobre os demais usos da água em um reservatório, projetado para determinado fim, o fato gerador de problemas futuros. Estudos incompletos ou a ausência de informações mais profundas sobre as modificações geradas ou sofridas pelo meio ambiente, com relação ao reservatório que está sendo projetado, podem ocasionar sérios prejuízos, no futuro, com soluções corretivas nem sempre satisfatórias.

A conhecida eutrofização do lago Paranoá, em Brasília, pode servir de bom exemplo para futuros planejamentos em que reservatórios sejam projetados para se situarem a jusante de grandes concentrações urbanas.

Destinado precipuamente para fins paisagísticos da futura capital federal e geração de energia elétrica, além de concorrer para a amenização do baixo grau higrométrico de sua atmosfera, teve a proteção da qualidade de suas águas entregue à tarefa depuradora de duas instalações de tratamento de esgotos sanitários, projetadas para realizarem tratamento em grau julgado satisfatório (lodos ativados). Em pouco mais de dez anos, porém, os nutrientes lançados ao lago por essas instalações e pelos escoamentos pluviais das áreas urbanizadas, associados à alta luminosidade da região, geraram um desenvolvimento extraordinário de algas que, em certas ocasiões, já cria sérios problemas aos moradores de suas proximidades. As grandes massas flutuantes que se for-

mam, além do mau aspecto estético que provocam, produzem odores desagradáveis quando mortas e em processo de decomposição.

Tal problema vem merecendo a melhor das atenções por parte das autoridades responsáveis, e diversos são os pareceres técnicos e estudos elaborados, objetivando pôr fim a essa situação. Elevar o grau de tratamento das instalações existentes, buscando a remoção de sais nutrientes, ou a exportação desses efluentes da bacia do Paranoá, dentre outras, são soluções em estudos por organizações especializadas. Por outro lado, a carga de nutrientes já depositada durante todos estes anos no lago não parece indicar que, de imediato, tais soluções, extremamente onerosas, possam modificar as condições já prevalentes de eutrofização.

A tendência natural eutrofizante de um reservatório deve estar sempre presente ao planejador, particularmente se a ele vêm ter despejos de áreas urbanas, mesmo que tratados, ou a drenagem de terras agrícolas e pastoris que sejam ativamente exploradas (utilização de fertilizantes).

O planejamento, projeto, construção e operação de reservatórios, particularmente os de grande porte, envolvem uma somatória de estudos e levantamentos cuidadosos da região, em que outras importantes informações, que não apenas das áreas ligadas à hidrologia e à geologia regional devem estar presentes. Isto exige, e cada vez mais, o concurso de especialistas de outros setores, até há pouco esquecidos ou recrutados de forma extemporânea para a complementação do projeto hidráulico. As medidas corretivas que então poderão ser impostas passam a onerar por vezes grandemente o aproveitamento em estudo.

Por outro lado, as interações profundas que se estabelecem entre o reservatório a ser construído e o meio ambiente exigem conhecimentos precisos de fenômenos físicos, químicos e biológicos que somente a pesquisa continuada tem condições de poder oferecer.

Daí a importância que a colaboração de instituições tecnológicas, voltadas à pesquisa, pode trazer à elaboração de tais projetos.