

Revisado em 2 de maio de 1 976

BRZ - 2340

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E DOS PROGRAMAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO
AMBIENTAL PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

RELATÓRIO SOBRE O ESTUDO PROPOSTO PARA O RIO TIETÊ /O RESERVATÓRIO
BILLINGS/O ESTUÁRIO DE CUBATÃO/E A BAIÁ DE SANTOS
22 de março - 2 de abril 1 976

Preparado por uma equipe de consultores internacionais

Dr. Peter Wolf
Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft
Lazarettstr. 67
Munich, Germany

Dr. Joseph J. Harrington, P.E., Professor
Harvard University
Pierce Hall
Cambridge, Massachusetts 02138, U.S.A.

CEIESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN J. 115 - 05489 - PINHEIROS
SAO PAULO - BRASIL

I N D I C E

CELESTO - DR. DE ECONOMIA E SUPERMERCADO NACIONAL Página
BIBLIOTECA

PARTE I	INTRODUÇÃO	1
PARTE II	ESTUDOS DISCUTIDOS DURANTE A VISITA DOS CONSULTORES	3
PARTE III	ANÁLISE RETROSPECTIVA DOS PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS ESTUDO DE GRANDE ALCANCE	7
PARTE IV	ABORDAGENS PROPOSTAS PARA SE CHEGAR A UMA SOLUÇÃO.	14
PARTE V	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
ANEXO I	ROTEIRO DE VISITAS DOS CONSULTORES	35
ANEXO II	REFERÊNCIAS	38
	AGRADECIMENTOS	43

A finalidade da visita foi a de assistir a equipe da UNDP/DMS Projeto-BRA-2340 e sua congênere da CETESB na avaliação dos problemas e no desenvolvimento dos objetivos do estudo proposto para sistemas do Rio Tietê/Reservatório Billings/Estuário de Cubatão e Baía de Santos.

Um dos aspectos do projeto UNDP/DMS é o de assistir o Estado de São Paulo no desenvolvimento do programa de controle de poluição das águas. Os consultores receberam instruções no sentido de dar consultoria sobre o desenvolvimento dos modelos matemáticos para o planejamento do controle da poluição em bacias hidrográficas e pediu-se-lhes que desenvolvessem as linhas mestras para a iniciação de tal estudo.

Os termos de referência incluíram:

1. Participação com uma equipe de consultores brasileiros e internacionais em uma análise retrospectiva e na discussão do sistema do Rio Tietê/Reservatório Billings/Estuário de Cubatão/Baía de Santos e assistência na definição do alcance, do estágio, dos requisitos organizacionais, assistência técnica, e necessidade de computador e de dados para planejar e implantar o estudo do controle de poluição do sistema.
2. Dar consultoria sobre o modelo matemático recomendado e sobre as técnicas de solução e/ou referências para o fluxo de modelação, relacionamentos ecológicos e qualidade nas secções do rio, secções do reservatório, secções do estuário e nas baías.
3. Discussões dos modelos econômicos aplicáveis aos sistemas interconectados de energia elétrica rio/reservatório.

4. Preparação de relatório, incluindo-se as linhas mestras recomendadas para planejamento, estágio e organização do estudo; tipos recomendados de modelos que devem ser considerados para os diversos componentes do sistema; e conselhos gerais sobre requisitos de dados; disponibilidades técnicas, de pessoal e de sincronização.

Este relatório é, portanto, dirigido ao abastecimento das linhas mestras para a execução de um estudo de análise de sistemas do sistema do Rio Tietê/Reservatório Billings/Estuário de Cubatão e Baía de Santos. Uma vez que a ênfase inicial está no controle da poluição da água, naturalmente o esforço começa aí. Os consultores, entretanto, estão atentos ao desejo de se progredir partindo de tal estudo em direção a uma análise de sistemas da bacia do Rio Tietê, incluindo-se todos os usos interrelacionados importantes dos recursos hídricos.

De início, deve-se ter em mente as diversas limitações e suposições deste relatório. Grande parte da visita dos consultores foi dedicada a conferência e apresentações realizadas por funcionários e engenheiros dos diversos órgãos, mas principalmente da CETESB. Ficou claro que há muitos relatórios já terminados e estudos em andamento e muitos dados referentes a quantidade e qualidade de água que já foram registrados. Não foi possível aos consultores analisar e avaliar tais relatórios em detalhes; nem ficaram certos de que eles viram todos os estudos e dados importantes. Naturalmente, uma das primeiras tarefas do grupo que desenvolve o estudo de sistemas proposto seria a de coletar, analisar e fazer uma avaliação detalhada e ampla de todos os estudos e dados disponíveis. O leitor, entretanto, deve estar ciente de que alguns dos comentários neste relatório são baseados em informações parciais, e que pode ser necessário rever algumas das reco-

mendações a luz de informações mais completas.

O relatório está dividido em diversas partes. A próxima parte apresenta algumas impressões e análises retrospectivas concisas dos estudos discutidos com os consultores. A parte seguinte apresenta uma visão geral do papel da análise de sistemas, que enfatiza o fato de que os modelos matemáticos são apenas um componente de tais estudos amplos e detalhados. Subsequentemente, apresentam-se discussões mais detalhadas dos passos sugeridos para se chegar às soluções. A princípio eles se relacionam principalmente com os estudos de qualidade de água no Tietê Superior; mas também sugerem-se diversos passos preliminares referentes aos dados de qualidade de água no Baixo Tietê, bem como aos recursos hídricos em geral. A parte final resume as conclusões e recomendações dos consultores.

PARTE II - ESTUDOS DISCUTIDOS DURANTE A VISITA DOS CONSULTORES

Hazen & Sawyer¹: Relatório sobre Disposição do Despejo de São Paulo

Este relatório cobre uma investigação sobre São Paulo que durou dois anos e a formulação de um plano de longo alcance para se assegurar um desenvolvimento ordenado do despejo da região de São Paulo. A área de estudo era de 2.611 km² com uma população de 5.74 milhões em 1 965. Para o ano 2 000 está prevista uma população de 18.72 milhões. Cerca de 60% da população dispunham de abastecimento público de água, e 35% de sistema de esgoto. O consumo de água proveniente do abastecimento público de água era de 11 m³/s e a quantia prevista para o ano 2 000 era de aproximadamente 87m³/s.

A carga de DBO_5 no rio foi estimada em 317.000 kg/d, e projetada para 1980 em 721.000 kg/d e para 2 000 em cerca de 1.500.000 kg/d. Constatou-se que 45% desta carga eram de origem industrial. Recomendou-se que se levassem em consideração duas alternativas para o tratamento do despejo. A primeira era de oito estações de lodo ativado e duas de tratamento primário com lançamento dos efluentes nos rios. A segunda era de uma estação de tratamento primário no Reservatório Billings e três estações menores que serviriam as áreas circunvizinhas.

Camp, Dresser e McKee²:

Este relatório trata das medidas imediatas para coleta e tratamento da água residual para a grande São Paulo. Igualmente, trata das medidas imediatas que incluem um estudo das outras melhorias a curto prazo, preparação de um estudo dos recursos hídricos, coleta de dados dos despejos municipais e industriais e aquisição de terra para as estações de tratamento.

Estudo de Neal E. Armstrong^{3,4}:

Os objetivos deste relatório foram os de preparar um plano de estudo de qualidade de água para a Baía de Santos e para a área estuarina. Esboçaram-se as linhas mestras para o estudo e um plano de trabalho para realizar o estudo. As recomendações foram no sentido de reunir e analisar os dados e informações disponíveis, determinando-se assim o trabalho adicional a ser feito; usar o plano de trabalho como orientação para equilibrar o estudo; e manter os resultados reavaliados periodicamente por uma equipe de consultoria para se assegurar uma conclusão oportuna e bem sucedida, bem como proporcionar orientação conforme for necessária. O segundo relatório, de janeiro de 1976,

faz mais algumas recomendações adicionais.

Programas de Paulo Salvador (Janeiro de 1 976):

Segundo o relatório de Neal E. Armstrong, iniciou-se um programa detalhado de amostragem para a Baía de Santos e os resultados das análises foram compilados.

Compilações dos Dados Industriais da CETESB^{5,6}:

Há dois volumes de análise de laboratório e um relatório (fevereiro de 1 975) que traz em seu anexo a resposta de diversas épocas a uma pesquisa. As respostas não são muito claras; há, por exemplo, alguma confusão entre as retiradas o consumo e descarga de água.

Estudo GCOI (maio de 1 975)⁷ e Estudo CERORB (Janeiro de 1 976)⁸:

Houve uma tentativa de encontrar uma regra para a operação do Reservatório Billings, de forma que não mais que 30% da superfície do reservatório ficassem anaeróbicos durante o período de maio a novembro. Combinam-se um simples modelo hidráulico, para simular a operação de diversos reservatórios, e uma simples suposição sobre o balanço do consumo de oxigênio e recreação no Reservatório Billings. A recomendação que se fez era a de reduzir a vazão nas turbinas para 60 m³/s na estação hidrelétrica de Henry Borden.

Estudo SABESP-HIDROSERVICE (em andamento)⁹:

Os consultores tiveram a oportunidade de obter algumas informações sobre os objetivos do estudo e o tipo de modelo que foi usado para responder algumas questões sobre o efeito dos diferentes processos de tratamento de água sobre a qualidade de água. A primeira meta deste estudo é identificar as tarefas mais urgentes que são comuns a todas as alternativas; e a segunda é

identificar qual das duas principais alternativas da chamada solução integrada é a mais econômica. Disseram-lhes que as investigações sobre os recursos hídricos também são necessárias ao estudo, o qual mostra que no ano 2.000 seria muito difícil atender a demanda de abastecimento público de água de São Paulo que atingiria cerca de 100 m³/s. Isto se deve ao fato de que o desenvolvimento de um manancial de aproximadamente 19.3 m³/s no alto Jaguarí provavelmente não seria exequível por causa dos altos custos de transporte. Poderá, entretanto, ser necessário usar água recuperada no ano 2.000. Foi feita a modelagem com o programa DOSAG. Os reservatórios são tratados como rios de lenta vazão. As zonas anaeróbicas são tratadas do mesmo modo que as aeróbicas quanto a DBO, com os valores de K₁ estimados a partir das medições de DBO₅ no final de diferentes trechos dos rios e reservatórios. Os níveis de oxigênio são simplesmente considerados igual a zero em tais trechos.

Estudo da Solução Integrada - SEP-GEGRAM-SABESP (junho de 1 974)¹⁰

Neste estudo faz-se uma comparação entre uma solução modificada Hazen & Sawyer com duas estações de tratamento primário (Leopoldina e Pinheiros), por um lado, e a chamada "Solução Integrada" com um túnel de 14.5 km partindo aproximadamente da junção dos rios Pinheiros e Tietê até o rio Juqueiri. Uma estação de tratamento seria situada na boca do túnel, no Pinheiros. Um braço do Reservatório de Pirapora seria usado como lagoa de estabilização. Não se fizeram predições detalhadas da qualidade da água.

Outros Relatórios de Consultores da OMS

Os consultores encontraram relatórios escritos por Peter C. G. Isaac e Aaron Wiener (1 973),¹¹ Adrian Demayo (1 973),¹² Joseph F. Malina (agosto de 1 973 e janeiro de 1 975),^{13,14} e C.I. Weber.¹⁵ Embora os consultores não tivessem a oportunidade de estudar os relatórios em detalhes, concordam com

suas recomendações até onde estas se referem aos dados e informações necessárias para o estudo de qualidade de água. Isaac e Wiener chamaram atenção para o fato de que a proporção DQO/DBO, em alguns trechos do rio, variavam de 7.6 a 11.6 e questionam se há qualquer inibição da DBO motivada por substâncias tóxicas. Eles indicam a necessidade de se fazer um severo controle dos efluentes industriais. Malina suspeita de inibição do crescimento de fitoplâncton no Reservatório Billings e recomenda um método específico para verificar isso. Ele e Weber também propuseram medidas muito úteis e necessárias.

Entrevistas com funcionários da CETESB:

Em entrevistas com os Drs. Hideo Kawai, José Carlos Derísio e Paulo Salvador Filho, ficou claro que já se fez uma série de investigações sobre qualidade de água, capacidade bioquímica e auto-depuração de vários reservatórios, rios e sobre a Baía de Santos. Uma discussão com os Srs. Celso Monteiro e Carai mostrou aos consultores que existe uma experiência sobre modelos, bem como um simples modelo hidráulico, para simular a operação de um sistema de reservatórios na base de dados históricos juntamente com um modelo simples de DBO/OD usando as relações de Streeter-Phelps numa primeira visão do DOSAG, agora reprogramada em unidades métricas.¹⁶

PORTE III- VISÃO RETROSPECTIVA DOS PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS DENTRO DE UM ESTUDO AMPLO E DETALHADO

Nos últimos 10 anos tem se feito um grande número de estudos sobre a melhoria da qualidade da água nos rios Tietê e Pinheiros e no Reservatório Billings. Também se propôs um grande número de mais investigações e medições.

Uma olhada em alguns dos relatórios recentes que sumariam os primeiros estudos mostraram aos consultores que:

- no que se refere ao objetivo da melhoria da qualidade da água, fizeram-se apenas declarações gerais ou então afirmações carentes de detalhes; e
- com respeito a visão total da qualidade de água e administração dos recursos hídricos no sistema rio-reservatório-bacia, frequentemente se considerou tal ponto de vista como sendo o objetivo, mas até agora ele não foi atingido.

Os consultores concordam com o Prof. C.G. Isaac e o Dr. A. Wiener¹¹, bem como com o Prof. J. F. Malina^{13,14} que se tem de implantar um plano diretor para a administração da água com especial atenção para com a qualidade d'água.

A análise de sistemas e a aplicação dos modelos de qualidade de água, entretanto, são ferramentas indispensáveis para a elaboração das predições da qualidade da água e avaliação das alternativas da administração da qualidade de água. Como disseram Isaac e Wiener "o planejamento diretor é um processo permanente". Os consultores sublinham esta afirmativa e postulam, desde o começo, que isto também é válido para a análise de sistemas e para a modelação da qualidade de água.

Ao enfatizar a inevitável importância da modelação matemática nos estudos de sistemas dos recursos hídricos e administração de qualidade de água os consultores não estão sustentando que não se possam obter vantagens substanciais ao planejar a eficiência através de uso de técnicas de análise relativamente simples. Na verdade, em face às vastas amplitudes das imponderabilidades e cruezas dos dados com os quais os analistas frequentemente tem de operar, as técnicas extremamente refinadas muitas vezes não são apropriadas,

não obstante prometa muito. É necessário chegar a um proficiente balanço das técnicas simples e complexas, adaptadas a natureza do problema que temos para resolver¹⁷.

Desde o começo do estudo, deve-se entender que a análise de sistemas dos recursos hídricos e da administração da qualidade de água não se limita a modelos matemáticos. Os estudos de sistemas têm outras características importantes.

Primeiro, é necessário fazer tentativas no sentido de incluir todas as interações e retro-alimentações (feed-backs) que se encontrarem entre os componentes do sistema, É desnecessário dizer que isto é muito conhecido na complicada estrutura dos recursos hídricos naturais e artificiais do Estado de São Paulo. Segundo, os estudos de maior sucesso envolveram equipes interdisciplinares. Certamente, as disciplinas tradicionais da engenharia e das ciências naturais desempenham um papel importante. Será útil incluir algumas ciências sociais. Usualmente é bom poder dispor de um economista bem treinado em certos aspectos tecnológicos dos recursos hídricos e administração de qualidade de água e outros em ciências políticas e administrativas. Terceiro, pode-se dizer que usualmente os modelos matemáticos são essenciais aos estudos de sistemas.

Uma vez que os termos de referência acentuaram a necessidade de orientação sobre modelos matemáticos para administração de qualidade de água,

* Os consultores entendem que, atualmente, entre o pessoal da CETESB se inclue uma geógrafa e, no passado, um economista. Os consultores também apreciam o fato de que muitos dos engenheiros da CETESB fizeram cursos de graduação em economia e que há relacionamentos em regime de tempo parcial com professores de economia da universidade. Estas circunstâncias vão facilitar a introdução de tais disciplinas ao esforço da equipe.

os consultores enfatizariam certos pontos essenciais para o proposto estudo de sistemas ¹⁸. Em primeiro lugar, a análise de sistemas dos recursos hídricos e da administração de qualidade de água não retardarão nem obstruirão a implantação das decisões que devam ser tomadas a curto prazo. * Tais análises são construídas sobre as bases dos dados existentes dos estudos anteriores e em andamento e nos modelos matemáticos de que se dispõe no momento. Em segundo lugar, o grupo que trabalha com a modelação não deve trabalhar isoladamente. É essencial que o grupo receba "inputs" e, se possível, deverão ser envolvidos os representantes de todas as instituições importantes. ** Em terceiro lugar, o esforço de trabalho dedicado a modelação deverá ser dirigido a questões específicas que sejam importantes para aqueles que vão tomar as decisões. O grupo de modelação não deve trabalhar sem revisão periódica e sem "inputs" por parte de tais pessoas. Em quarto lugar, é aconselhável fixar as datas a espaço regular para os seminários em que se discutirão os estudos que estiverem sendo realizados pelo grupo de trabalho. *** Em quinto, a partir da imitação do estudo, deve ficar bem claro que as recomendações

* Especificamente as decisões baseadas no estudo em andamento da Hidroserv Vice-Wetcalf & Eddy para um plano diretor da disposição do despejo na área metropolitana de São Paulo - o qual será revisto e julgado pela CETESB - podem ser consideradas como "inputs" ao esforço do plano proposto.

** Se for possível, a tarefa deverá ter um coordenador designado e uma secretária, com espaço de trabalho para os membros das equipes de outras instituições.

*** Sugere-se uma vez a cada duas semanas que deve durar de 2 a 3 horas. É muito importante que a discussão em pauta esteja contida em relatório, em forma de minuta, que deverá circular previamente entre os membros do grupo de estudo.

Provenientes das análises de sistemas serão discutidas a luz das suposições e limitações de tais análises. Finalmente, é de se esperar que tais estudos continuados suscitem novas questões, novas necessidades de dados, refinamentos nos modelos matemáticos.

Em geral, a discussão que se segue sugere exemplos de pontos que devem ser resolvidos pelas autoridades responsáveis pela implantação de políticas e prioridades, juntamente com a equipe dos sistemas. Não é uma listagem detalhada e completa de todos os problemas e teses que devem ser resolvidos.

Objetivos - Estes podem ser classificados em dois tipos: a longo prazo e a curto prazo. Como exemplos do primeiro, incluem-se a necessidade de predizer o grau de melhoria da qualidade de água que será necessária ao esquema adotado de coleta e tratamento das águas residuárias para a área metropolitana de São Paulo, bem como passos subsequentes que possam ser necessários em suplementação àquele esquema. Exemplos do último incluem uma seleção dos alvos de qualidade de água que se pretende atingir nos anos futuros por exemplo 1 985 e 2 000, bem como a coleta e tratamento do despejo e a administração do escoamento superficial urbano que serão necessários para atingir tais metas.

Dimensões Geográficas do Estudo Ao primeiro estágio interessa principalmente as análises de qualidade de água do alto Tietê e do Reservatório Billings. Subsequentemente os esforços de modelação podem ser dirigidos ao Sistema Estuário do Cubatão/Baía de Santos. * Esforços posteriores podem ser estendidos ao Baixo Tietê. Certamente, como abaixo se sugere, há certos passos - principalmente coleta de dados subsequentes necessários aos

+ Tais modelos devem ser coordenados com aquelas recomendações do Dr. Armstrong^{3,4}.

modelos de sistemas - que podem ser iniciados tão logo quanto possível.

Usos: Os padrões e os critérios para os diversos usos devem ser coletados juntamente com os "inputs" do estudo se eles já estiverem disponíveis, ou determinados de outra maneira se eles ainda não foram selecionados. Esta informação é necessária, pelo menos, para:

- abastecimentos públicos de água (para incluir também processamento industrial de alimentos e bebidas);
- outros setores de utilidades industriais (incluindo-se resfriamento e processamento);
- recreação (com e sem contacto);
- pesca; e
- disposição do esgoto (diluição).

Identificação das variáveis de decisão e dos conjuntos coercitivos.

vos. O ideal para o estudo de sistema seria considerar todos os aspectos do desenvolvimento dos recursos hídricos como assuntos pertinentes a tomada de decisões administrativas. No ponto de vista dos consultores, entretanto, é praticável começar com algumas decisões potenciais consideradas fixas, ou coercitivas. Por exemplo, o estudo inicial pode considerar as necessidades de geração de energia considerados por alguma autoridade externa. Desta maneira, tais necessidades, e outras tais como orçamentos projetados, populações projetadas, investimentos projetados nas responsabilidades infraestruturais e institucionais, serão consideradas como conjuntos coercitivos que são apresentados externamente. Seria apropriado explorar as decisões sobre a qualidade de água face a diversos conjuntos coercitivos plausíveis. * Esta abordagem a-

* Um exemplo específico seria o de colocar os requisitos hidrelétricos em Cubatão em diversos níveis por exemplo: 80, 60, 40 m³/s. Tais coerções devem ser determinadas em cooperação com as autoridades responsáveis pela energia.

Presenta duas vantagens principais: primeiro, ela limita os problemas iniciais a um tamanho mais administrável; e, segundo, ela permite que se chegue a uma análise de sensibilidade que mostra como as decisões da administração de qualidade de água seriam afetadas pelas alterações dos requisitos impostos externamente.

Ferramentas da Política: A equipe dos sistemas precisará saber que técnicas de controle deverão ser consideradas¹⁹. É importante que os modelos sejam projetados de modo a refletir a legislação existente e a proposta e as práticas reguladoras, bem como a estrutura institucional. Por exemplo, os controles do uso da terra podem se tornar cada vez mais importantes.* Outras políticas poderiam incluir restrições de efluente (concentrações ou fluxos de massa), cargas de efluente e subsídios. Também podem ser promulgadas as políticas que tratam do reuso da água. Pode ser desejável investigar os méritos das disposições institucionais conceitualmente diferente.

Da discussão acima deve ficar claro que tais questões não podem e não devem ser resolvidas a nível do próprio grupo de modelação. Por esta razão os termos iniciais de referência para o estudo de sistemas deve ser cuidadosamente estabelecido, em consonância com as autoridades responsáveis, de modo a incluir tais considerações. Certamente, estas especificações podem ser, mais tarde, modificadas a luz do "output" proveniente do estudo de análise de sistemas.

+ A CETESB está começando agora a implantar uma densidade populacional máxima de 12 pessoas/ha em certas regiões protegidas para abastecimento de água. A CETESB também desenvolveu uma lista de indústrias que não têm despejos líquidos e que seriam permitidas em tais áreas.

PARTE IV - ABORDAGENS PROPOSTAS PARA SE CHEGAR A UMA SOLUÇÃO

A finalidade do trabalho dedicado a modelação é prestar assistência ao trabalho de avaliação quantitativa dos planos propostos para o desenvolvimento dos recursos hídricos e administração de qualidade de água e também assistir na formulação de tais planos. Finalmente, o estudo destes sistemas deve levar a uma análise global dos sistemas de recursos hídricos da bacia do Rio Tietê. Mas, uma vez que os termos de referência enfatizam os modelos de qualidade de água e uma vez que os consultores concordam que o ponto de partida mais adequado são os modelos de qualidade de água da área metropolitana de São Paulo, as seguintes observações gerais dão especial destaque a qualidade de água. Estas observações, entretanto, podem ser facilmente estendidas a problemas mais amplos da modelação matemática na administração dos recursos.

Conceitualmente, os modelos de qualidade de água são ferramentas usadas para prever os impactos ambientais dos regulamentos e decisões a tomar sobre os investimentos antes que eles sejam feitos. * Desta maneira, eles não são apenas úteis ao planejamento, mas também no contexto de um programa de inspeção de qualidade de água que se encontra em andamento.^{21,22}

* Para uma concisa introdução crítica aos problemas de modelação de qualidade de água, veja Hines et al.²³ Thomas apresenta uma excelente perspectiva histórica sobre modelação de qualidade de água que enfatiza a cuidadosa ponderação das primeiras tentativas para se chegar a tais análises.¹⁹ O compêndio de Veiz²⁴ nos oferece uma abordagem equilibrada para a construção de modelo de qualidade de água; e Butts et al.²⁵ apresentam um seminário dos modelos elementares de qualidade de água em rios. Thomann²⁶ desenvolve modelos matemáticos e apresenta aplicações. Certamente há muitas outras fontes de referência pertinentes. O número de Junho do "Journal of the Water Pollution Control Federation" contém resenhas anotadas da literatura sobre "Systems Analysis," "Economics," e "Standards, Administration and Surveys."

Naturalmente, todos os modelos são apenas aproximações da situação real. Portanto, a seleção dos fenômenos naturais e dos criados pelo homem a serem modelados deve ser feita cuidadosamente, a luz dos dados e das informações sobre a situação real, e também sobre as decisões que devem ser consideradas pela análise. A seleção do modelo é um passo importante, mas tendo-se em mente o tempo disponível pelos consultores para avaliar as circunstâncias atuais não se procurou apresentar neste relatório uma seleção definitiva, no que se refere a orientação inicial. O processo de seleção é uma tarefa do esforço de estudo, assistido por consultas futuras. Entretanto, os consultores examinaram os trabalhos realizados em modelos anteriores e atuais e endossaram o princípio de que o trabalho futuro poderá ser baseado em tais experiências. Com os resultados dos modelos preliminares dos sistemas e especialmente com a variação das cargas poluidoras e com a melhoria da qualidade da água, os fenômenos adicionais precisarão ser modelados e os modelos terão de ser alterados, em conformidade com a inclusão desses fenômenos. Apresentam-se abaixo comentários mais detalhados.

São comuns a todos os estudos os problemas de calibração de modelo e de estimativa de parâmetro, bem como a verificação do modelo. Estes passos são essenciais para que os responsáveis pelas decisões tenham confiança no resultado.²³ Infelizmente, muitos estudos existentes têm tido a tendência de se apoiarem em "valores da literatura" para se chegar às estimativas dos parâmetros. O grupo de estudo deve familiarizar-se com este problema geral e com ele lutar através de recentes sugestões metodológicas.²⁷⁻³³ Um erro comum na verificação do modelo é usar alguns ou todos os dados que tinham sido anteriormente usados para estimar os parâmetros do modelo. Com isto não se verifica o modelo, pois isso apenas reproduz os dados. Isto deve ser evitado.²³ Outra fonte de erro ao estimar parâmetros é usar valores sem levar em conta os fatores que os influenciam.³³

Finalmente, através de comentário geral sobre modelos de simulação e modelos de otimização, ¹⁸ os consultores observam que os modelos de simulação usualmente deixará espaço para uma aproximação mais detalhada da simulação real. Todas as decisões de investimento, bem como todas as regras de operação, devem ser especificadas antes de cada corrida do modelo de simulação. Por outro lado, os métodos de otimização procuram a "melhor" solução para a representação da simulação real através de um modelo um tanto mais simplificado. A solução específica as "melhores" decisões de investimento e regras de operação. Não há espaço nem tempo para a discussão adequada desta importante questão durante esta consultoria inicial. Os consultores são de opinião unânime que os modelos de otimização tem sido mal empregados, uma vez que a solução "ótima" para o problema aproximado pode estar muito distante de um ótimo verdadeiro. De qualquer modo, o grupo de estudo deveria inicialmente concentrar-se nos modelos de simulação. O uso mais importante dos modelos de otimização será aquele de gerar alternativas "quase ótimas" que poderão ser subsequentemente avaliados em termos de capital exigido, flexibilidade e outras características que são normalmente representadas de modo imperfeito pela função do objetivo. Este assunto, entretanto, deve ser deixado para uma consultoria subsequente.

É da maior importância observar que os modelos matemáticos de todas as classes - simulação e otimização - devem somente ser usados como guias que levam a um julgamento. Os modelos matemáticos não eliminam todos os julgamentos com respeito a valores e não tomam as decisões finais.

OS PASSOS EM DETALHES:

Os consultores propõem dividir em duas partes as atividades que levarão a um estudo amplo e pormenorizado, a parte de qualidade de água e a parte de recursos hídricos. Subsequentemente, cada uma destas partes terá de ser dividida em uma fase preparatória e em uma fase de execução. Ambas as partes podem ser iniciadas imediatamente e poderão então ser conduzidas em paralelo. Entretanto, como a parte referente aos recursos hídricos precisa de uma fase preparatória mais longa do que a parte referente a qualidade da água, esta avançará na fase de execução enquanto que a parte de recurso será tratada na fase preparatória (ver fig.1).

1. Estudo da qualidade da água

1.1. Fase preparatória

Nesta fase, os dados e as informações necessárias a fase de execução têm de ser reunidas em uma forma delimitada com clareza, apresentada em tabelas e gráficos, até onde for possível.

Os consultores encontraram uma coleção de dados valiosos e importantes, mas infelizmente estes dados estavam espalhados em muitos estudos e relatórios e em muitas instituições. Alguns problemas já foram tratados e alguns resultados já foram obtidos. Mas parece aos consultores que as questões referentes as metas da qualidade da água ainda não foram respondidas ou apenas insuficientemente respondidas nos estudos existentes. Propuseram-se medições, mas nem sempre está claro se estas foram feitas ou, pelo menos, iniciadas ou se houve dificuldades específicas que impediram a realização delas.

Uma das primeiras atividades do grupo de estudos será obter um quadro claro do que já se conseguiu, que informações

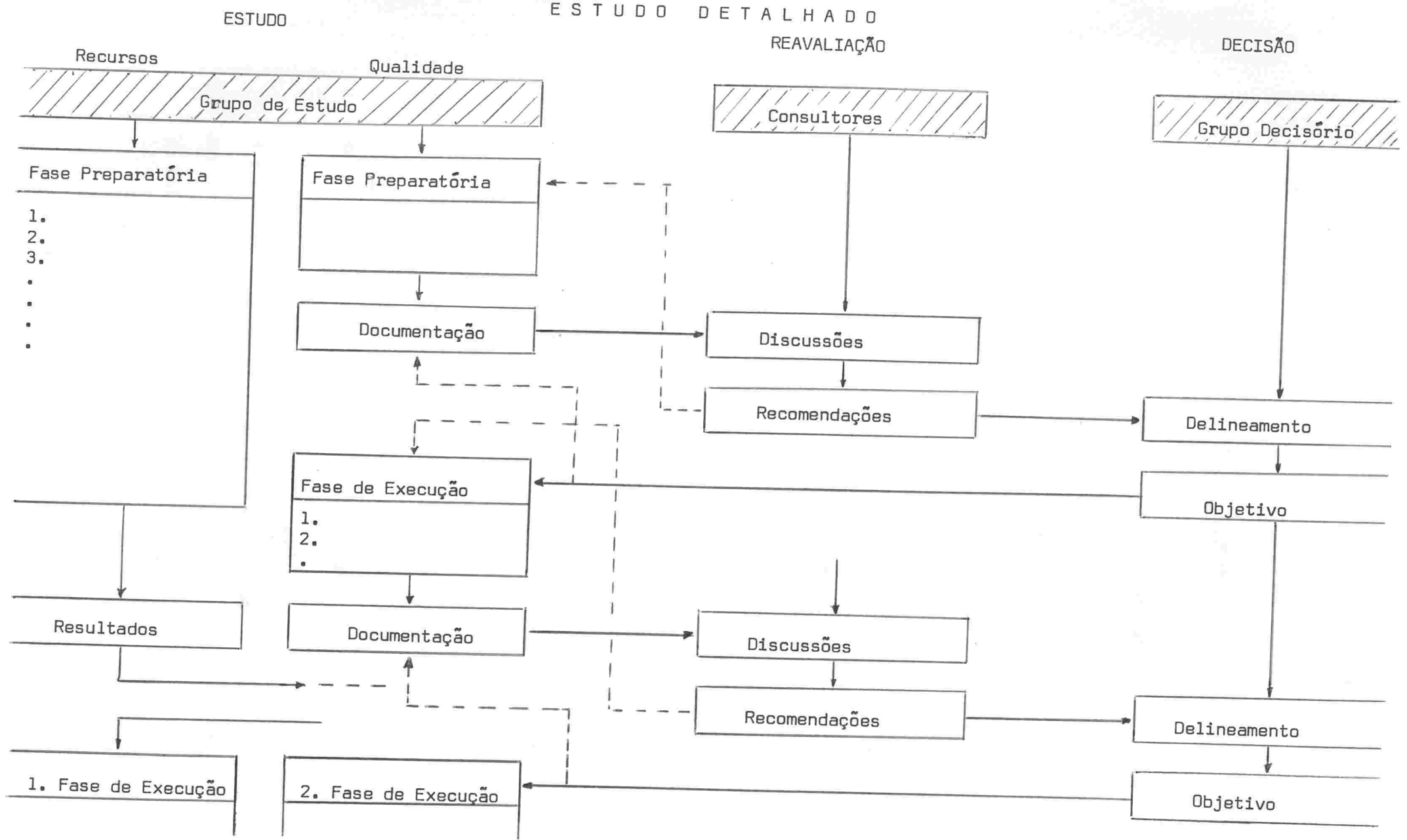


Figura 1

estão disponíveis e onde, bem como que questões ainda não foram adequadamente respondidas.

Por esse motivo, os consultores recomendam a criação de um grupo de estudo, com um coordenador, a fim de realizar o trabalho preparatório incluindo funcionários dos departamentos da CETESB familiarizados com os problemas e também pessoal de outras instituições. O coordenador deve ser experimentado na resolução de dificuldades referentes ao problema de conseguir cooperação. Além disso, alguns requisitos materiais e financeiros devem ser atendidos. Por exemplo, uma secretária posta em disponibilidade para o estudo, um carro, se possível, e uma sala para a estocagem dos documentos de apoio e um ítem no orçamento para custear os serviços de documentação e cópia. Como se observou acima, o grupo deve se reunir em sessões de trabalho com o coordenador em espaços regulares e programados; a cada duas semanas, por exemplo. As discussões devem ser baseadas em relatórios escritos que descrevam o que foi feito, com os dados coletados que são importantes, bem como dirimir as dúvidas que surgirem entre os participantes e também as dúvidas quanto aos futuros planos de trabalho. É tarefa do coordenador programar o trabalho, controlá-lo de acordo com o cronograma e encontrar soluções para as dificuldades.

Os consultores estimam que não será necessário mais do que 4 a 6 meses para a fase preparatória, considerando que se possa contar com tempo suficiente da parte dos membros do grupo de estudo. Os trabalhos a serem realizados nesta fase são:

1.1.1. Compilação dos resultados provenientes das pesquisas sobre os reservatórios. Durante uma entrevista

com o Dr. Hideo Kawai, e também através do estudo de alguns relatórios, os consultores tiveram a impressão de que o Dr. Hideo Kawai tem uma excelente visão do trabalho realizado até agora nos reservatório da região e que ele também possui uma grande soma de material e experiência obtidas nas pesquisas destes reservatórios. Aos consultores parece ser de grande importância compilar e resumir todos estes resultados. Deve-se também fazer menção aos estudos que foram iniciados mas que não foram terminados com sucesso. Necessita-se urgentemente de uma ordenação lúcida deste material como ferramenta auxiliar para a tomada de decisões concernentes a futuras medições e a aplicabilidade de adoções simplificadoras especiais nos modelos.

1.1.2. Compilação dos resultados dos estudos anteriores de qualidade de água dos rios. As discussões com os Srs. Rubens Abreu, Nelson Nabhan, José C. Derísio e Paulo Salvador Filho, e também com os representantes da SABESP, mostraram que na CETESB, por um lado, se iniciou um programa relativamente intenso de monitoramento de amostragem e análise de qualidade de água. No futuro, será complementado por monitoramento automático. Por outro lado, os resultados estão sendo usados pela SABESP para a calibração dos modelos e já se fizeram algumas

computações da futura qualidade da água. As avaliações da CETESB e as computações da SABESP já produziram resultados, mas é um tanto difícil descobrir, em detalhes, que tipos de avaliações já foram realizadas e até que ponto há um acordo entre os resultados das medições e computações, que contradições existem e quais os resultados que podem ser relativamente confiáveis. Em geral, é altamente desejável ter-se uma documentação mais ampla das suposições e dos métodos.

Ao mesmo tempo, deve-se ter uma compilação das questões que se mantêm insolúveis, das incertezas das entradas e saídas dos dados das computações e de quaisquer resultados aparentemente contraditórios a que se chegou.

Como as computações têm usado o modelo DOSAG, a revisão proposta e comparação crítica dos resultados devem ser realizadas pelo pessoal da CETESB que está familiarizado com o modelo.

1.1.3. Compilação das medições, anteriormente sugeridas, mas que ainda não foram feitas. Após uma breve análise retrospectiva dos estudos realizados, os consultores tiveram a impressão de que foram sugeridos exames e análises extremamente úteis que não puderam ser executados, ao menos de modo completo. Entretanto, é da experiência dos consultores que entre o pedido de exame e a sua execução deve haver

uma retro-alimentação ("feed-back"), de modo que sejam postos lado a lado os pontos de vista específicos, bem como as experiências e dificuldades locais. Portanto, seria útil registrar os problemas a fim de evitá-los no futuro e modificar, conforme for necessário, as experiências e a coleção de dados já propostas.

1.1.4. Coleção de dados do despejo.

Os consultores recomendam, insistentemente, a estocagem e atualização dos dados referentes aos lançamentos e cargas industriais e municipais e de alguns dados fundamentais referentes as fontes. Estes dados são muito valiosos a muitas finalidades e constituem a base para todos os estudos subsequentes de qualidade de água. Nas entrevistas com os Srs. Rubens Azevedo, Max Veit, Paulo Salvador Filho e representantes da SABESP e DAEE, os consultores souberam que estão se fazendo levantamentos concernentes a retirada de água, coeficientes de lançamentos e cargas poluidoras. Os resultados mais detalhados têm, em parte, mais de 10 anos de idade, mas também há alguns recentes.

Os consultores propõem, até onde for possível, a coleção e estocagem de dados referentes a:

- local da indústria ou comunidade.
- espécie e quantidade da produção.
- capacidade de produção.
- número de empregados ou habitantes.
- retirada de água pública e de águas superficiais e subterrâneas.
- métodos de tratamento de água usados.
- espécie de tratamento de despejo.

- capacidade da estação de tratamento
- lançamento e concentração do despejo.
- valores permitidos.
- espécie e resultados do auto-monitoramento⁺ e testes oficiais.
- data do levantamento dos dados.

É também útil indicar os pontos de lançamento em um mapa.

A reunião dos dados deve ser feita em três etapas, começando com os mais importantes e terminando com os menos importantes. De acordo com resultados de 10 anos de idade constantes do relatório de Hazen e Sawyer, tais dados, dentro da área da Grande São Paulo, teriam de compreender somente cerca de 260 e 500 estabelecimentos industriais que seriam responsáveis por cerca de 85% e cerca de 95%, respectivamente, da poluição orgânica provocada pelas indústrias. A coleção de dados, entretanto, deve ser estendida a todo o Estado de São Paulo. Além disso, os lançamentos e as cargas, previamente projetadas, referentes as comunidades e indústrias separadas, devem ser compilados em uma tabela para cada período de 5 anos até o ano 2 000, se possível.

⁺ Não é necessário ter um laboratório para análise de água residuária completamente equipado, nem químicos para realizar a tarefa do auto-monitoramento. Basta dispor de pessoal treinado. Existem testes muito simples a mão e o equipamento necessário é oferecido por muitos fornecedores, por exemplo, para medições aproximadas de DBO, metais pesados e cianetos.

1.1.5. Compilação dos dados hidráulicos e geométricos

Primeiramente, deve-se decidir quais as condições de vazão que seriam as mais importantes para os estudos de qualidade de água. Os consultores recomendam a consideração não só das condições de baixa vazão, mas também algumas vazões mais altas, por causa das influências do escoamento superficial das águas de chuva, ³⁵⁻³⁹ e o arraste eventual dos sedimentos e dos depósitos de lodo e das cargas de nutrientes para dentro dos reservatórios. Para as condições selecionadas, os dados hidráulicos e geométricos usuais dos tempos de trânsito das vazões, a profundidade média e a extensão do trecho têm de ser compilados em forma tabular. Até o ponto em que não se tiver conhecimento dos tempos de trânsito, estes devem ser medidos nas condições de fluxo correspondentes. Nos rios, os tempos de trânsito podem ser extrapolados das medições para outras vazões.

1.1.6. Investigações adicionais

Além das medições já propostas por Malina, Weber e Armstrong^{3,4} são necessários os seguintes exames:

- Para o presente, um simples conjunto preliminar de medições de DBO_5 após ajustar os tempos de 0, 5, 10, 30, 60, 120 e 240 minutos nos diferentes pon-

tos de amostragem nos rios Tietê e Pinheiros e nos reservatórios Billings e Pirapora em condições de baixa vazão.

- para o presente, um simples conjunto de medições das curvas de DBO até atingir 10 dias, em cada um dos pontos mencionados acima.
- testes de inibição de DBO₅ com e sem adição de peptona⁴⁰
- determinação da carga diária de DBO₅ na estação de recalque de Pinheiros no primeiro, segundo e terceiro dias após o começo de diversas chuvas grandes. Deve-se registrar o número de dias sem chuva antecedentes.
- inclusão das investigações em reservatórios na radiação solar diária ou pelo menos em dias de sol. (Veja-se Velz²⁴ para uma abordagem quando não se dispõe de dados diários sobre radiação solar).

1.1.7. Discussão dos resultados da fase preparatória

Os consultores sugerem que o coordenador envie um sumário dos resultados a eles e os convida para discussões. Os consultores fazem recomendações para trabalho futuro e propõem o objetivo e os detalhes do próximo passo, como resultado da fase preparató-

ria. Finalmente, o grupo de decisão decidirá quanto aos objetivos.

1.2. Fase de execução

Esta fase dos estudos começa com a decisão quanto aos objetivos e trata principalmente, não unicamente, da modelação. Aos consultores parece essencial que as atividades não fiquem restritas ao pessoal de modelação; elas devem incluir todo o grupo de estudo. De conformidade com os objetivos desta fase, pode ser necessário ampliar o grupo de estudo. Além dos engenheiros, os cientistas naturalistas devem ser continuamente envolvidos no trabalho. Nesta fase, é necessário realizar as seguintes tarefas: (Ver figura 2)

1.2.1. Seleção de modelos adequados

Os consultores recomendam, de maneira enfática, que se comece o trabalho com os modelos que são adequados ao problema e ao objetivo, mas tão simples e inteligíveis quanto for possível. Deve-se atingir o refinamento quando necessário, mas não somente com a finalidade de sofisticar. Indubitavelmente, os modelos seleccionados exigirão certas modificações. Até onde for possível, os modelos devem ser seleccionados de acordo com experiências do pessoal de modelação. Os consultores estão a disposição para auxiliar na seleção, se isso for proveitoso. Todo o grupo de trabalho deve ser informado dos componentes essenciais dos modelos.

1.2.2. Avaliação de Parâmetro 27-30

Durante este estágio do estudo é absolutamente essencial que as pessoas encarregadas da modelação, os cientistas e, se necessário, os consultores trabalhem em regime de íntima colaboração. Para cada parâmetro, a amplitude, bem como as possíveis variações de uma determinada aplicação, devem ser discutidas e justificadas na discussão final dos resultados da modelação.

1.2.3. Compilação e investigação dos dados necessários

Tão logo se tenha seleccionado um modelo, surge a pergunta se ainda há mais dados necessários. Só se pode responder esta pergunta com base nas compilações da fase preparatória. Provavelmente, a questão surgirá mais uma vez após algumas corridas preliminares dos modelos tiverem sido feitas com o objectivo de calibrá-los. De qualquer maneira, é necessário responder perguntas quanto a: o que, quando, onde, e como aí outros dados poderão ser necessários.

1.2.4. Modelação

Neste estágio, o modelo será rodado para a obtenção de muitos conjuntos de entradas e de restrições, bem como conjuntos alternativos de parâmetros que não foram definitivamente estimados.

FASE DE EXECUÇÃO

DO

ESTUDO DE QUALIDADE DE ÁGUA

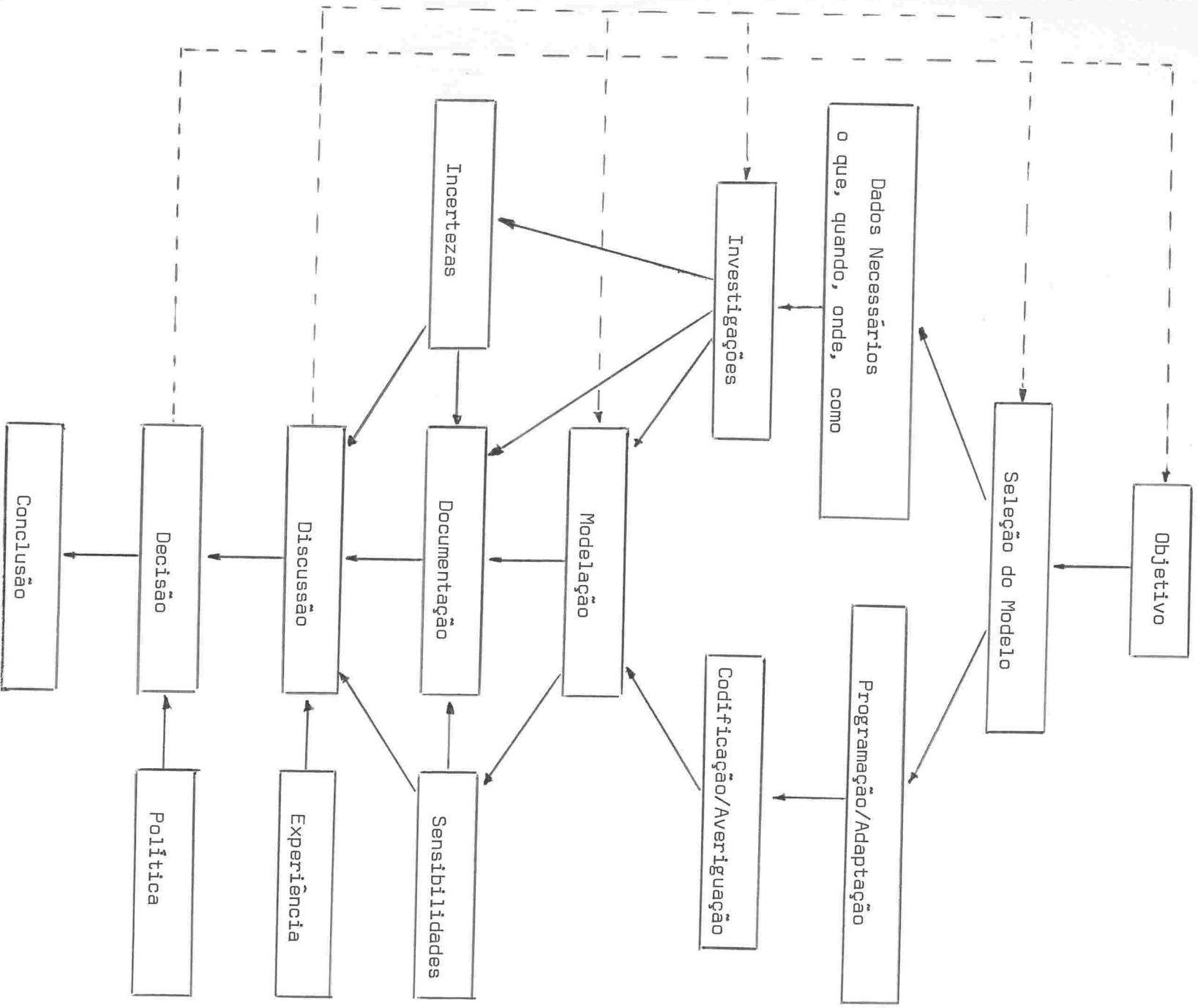


Figura 2

1.2.5. Documentação

Este passo deve ser considerado como preparatório para a discussão dos resultados. A documentação deve, portanto, evidenciar tanto quanto possível a sensibilidade do modelo, aos dados de entrada e aos parâmetros estimados. Ele deve também se ajustar às amplitudes de variabilidade e aplicabilidade estabelecidas no capítulo 1.2.2. desta parte.

1.2.6. Discussão

Os resultados documentados anteriormente devem ser discutidos com os consultores com a finalidade de compará-los com suas experiências e, eventualmente, também com as corridas experimentais de outros modelos para que se dêem conselhos e se recomendem os objetivos dos próximos passos.

1.2.7. Decisões e conclusões

No fim da fase preparatória, os resultados e as recomendações do grupo de estudos e dos consultores têm de ser apresentados ao grupo que toma as decisões para pedir-lhe que inclua outros pontos de vista e decida sobre a aplicação dos resultados ou sobre a seleção dos objetivos dos passos subsequentes. As conclusões alcançadas em conjunto com o grupo decisório devem ser, indubitavelmente, documentadas.

1.2.8. Estágios subsequentes do estudo de qualidade

Com base nos resultados e conclusões anteriores a gente pode considerar o refinamento do alcance do modelo, investigações mais intensivas sobre assuntos especiais, restrições e metas e ainda mesmo abertura para outros componentes da qualidade de água. Os consultores gostariam de chamar atenção no que toca a qualidade da água de abastecimento; não são somente a DBO_5 e OD que interessam mas também a DQD, nutrientes, surfactantes e metais pesados, pesticidas e concentrações de fenóis, gosto e cheiro.

Eventualmente, muitos outros fenômenos podem ser considerados para inclusão nos modelos de qualidade de água. É prematuro especificar quais os que serão essenciais nesta inclusão. Mas, com a finalidade de sugerir alguns dos problemas concernentes a modelação, aos quais o grupo de estudo poderá considerar necessário se dedicar, mencionam-se os seguintes pontos e exemplos da recente literatura já citada.

Ao modelar reservatórios e outros represamentos, os modeladores e cientistas precisam descobrir quais são os mecanismos limitantes, como por exemplo - o crescimento de algas. Entre os fenômenos que têm sido modelados em outros lugares, ³⁹⁻⁴⁸ estão a temperatura, a penetração de luz, os diversos efeitos limitantes de nutrientes e os efeitos inibidores. Tem-se tentado modelar espécies que causam problemas. Eventualmente, deseja-se não só simular as condições existentes, mas prever que mudanças irão ocorrer a luz das alternativas propostas.

Outra consideração que parece importante aos consultores logo após a coleta e tratamento do despejo é o escoamento superficial urbano. Há uma cres-

cente literatura que demonstra a importância de tais problemas, bem como os esforços de modelação ora em desenvolvimento. 36-39, 49-52 Do ponto de vista dos consultores, estas abordagens, juntamente com a consideração das fontes rurais de nutrientes,²⁸ não fixos, podem vir a ser especialmente importantes para a CETESB ao se implantarem controles do uso da terra em mananciais protegidos pela lei.

2. Estudo dos recursos hídricos

Os consultores não tiveram a oportunidade de explorar, nos necessários detalhes, os requisitos paralelos de um estudo dos recursos hídricos na bacia do rio Tietê.²⁰ Considerando a ênfase especial que se dá à análise dos sistemas de qualidade de água decidu-se, logo no início desta visita, adiar o desenvolvimento das diretrizes detalhadas para o estudo dos recursos hídricos até uma época posterior.

Com o objetivo de ser mais específico, seria necessário estudar os outros usos, metas e dados dos recursos hídricos. Os consultores sabem que recentemente se fez um estudo mais amplo dos recursos hídricos.⁵³ Algumas das considerações técnicas que teriam de ser feitas são referentes aos registros da adequação da vazão⁵⁴ dos rios e também como a vazão é afetada pela urbanização. Considerações de ordem econômicas quanto a compensação de vantagens/desvantagens entre os diversos usos competitivos, tais como abastecimento de água, energia hídrica e controle de enchente. Os aspectos institucionais incluiriam transparência de água e também de energia inter e intra-bacia. Muitas das chamadas restrições externamente especificadas e mencionadas anteriormente neste relatório teriam de ser estudadas em detalhe. Obviamente, seria essencial,

um grupo de trabalho maior com representação disciplinar mais ampla.* Da mesma forma, teria de ser resolvido sob que instituição e a que nível o estudo avançaria. Por estas razões, os consultores são de opinião que o ponto inicial preferido seria um estudo dos sistemas de qualidade de água.

PARTE V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A qualidade de água será um problema árduo no Sistema Tietê/Pirapora/Pi-
nheros/Billings/Cubatão/Baía de Santos mesmo quando se levam a cabo as
primeiras medidas para coletar e tratar os esgotos. O desenvolvimento fu-
turo, incluindo aperfeiçoamentos no abastecimento de água, esgoto e pa-
vimento de estradas tendo como efeito mais descarga e escoamento super-
ficial, trará mais poluição e, deste modo, o problema tende a aumentar.
- A CETESB como órgão responsável pela qualidade de água, portanto, pre-
cisa de um estudo amplo e detalhado da qualidade de água e dos recursos
hídricos tão logo quanto possível.
- O trabalho deve começar imediatamente, baseado no que já foi feito, com
binando-se o conhecimento e a experiência existente na CETESB com o de
outros órgãos. O estudo de sistemas proposto não deve adiar as decisões

* Para o estudo dos recursos hídricos, estes consultores sugerem que se convi-
de um economista de recursos hídricos e se associar ao grupo de consultores.
Entre os economistas dos recursos hídricos com larga experiência nas análises
de sistema, nos E.U.A. e em outros países, se encontram aqueles que trabalham
em organização sem fins lucrativos como "Resources for the Future", Washington,
D.C. Os possíveis candidatos seriam Drs. Allen V. Kneese, John V. Krutilla ou
Clifford S. Russell.

que possam ser tomadas de imediato.

- Portanto, os consultores recomendam:

1. A formação de um grupo de autoridades responsáveis da CETESB e de outras instituições para desenvolver e aprovar objetivos para o estudo, bem como as questões a serem respondidas. Tal grupo deve ter autoridade para imprimir diretivas gerais ao estudo e tomar quaisquer decisões necessárias.
2. Formação de uma equipe de estudo entre os funcionários da CETESB e outras instituições e selecionar um coordenador para esta equipe.
3. Divisão do trabalho em duas partes: qualidade de água e recursos hídricos.
Conduzir cada parte em uma fase preparatória e em uma fase executiva, esta última com um ou mais passos (Figura 1).
4. Desempenho do trabalho dos três níveis seguintes (Figura 1):
 - 4.1. Estudo conduzido por uma equipe de estudo.
 - 4.2. Análise retrospectiva e recomendações conduzidas por uma equipe, juntamente com os consultores.
 - 4.3. Decisão conduzida por um grupo de decisão.
5. Na fase preparatória, executar o seguinte:
 - 5.1. Compilar dados necessários e resultados anteriores.
 - 5.2. Estocar dados concernentes ao abastecimento de água e lançamentos de despejo.
 - 5.3. Tomar medidas adicionais.
6. Quando a fase preparatória estiver terminada e tomadas as decisões necessárias quanto aos objetivos e questões do próximo passo do estudo, começar a fase de execução com modelos facilmente compreensíveis.

veis, onde já houver experiência. Refinar os modelos conforme for necessário nos passos ulteriores (Figura 2). Integrar funcionários de diferentes disciplinas desde o começo, porque, de um lado, eles entenderiam o modelo e, de outro, a execução não consiste somente de modelação matemática.

7. Documentar os resultados de cada fase do estudo e formular as lições mestras preliminares tão logo quanto possível para dirigir os desenvolvimentos subsequentes.

Estas conclusões e recomendações são apenas os pontos principais deste sucinto relatório. Convida-se o leitor a encontrar informações adicionais e mais detalhadas no texto.

ANEXO I

CRONOGRAMA DA VISITA DOS CONSULTORES

21 março 1976, Domingo

Chegada a São Paulo

22 março 1976, Segunda-feira-manhã

Discussões Iniciais da Área do Tietê/Cubatão e Santos

Engº Werner Eugenio Zulauf] CETESB
Engº Max Veit	
Engº Rubens Abreu	
Engº Nelson Nabhan	
Engº William W. Finley] PAHO
Engº David Hopkins	

tarde Estudos de Modelação e Monitoramento

Engº Celso Eufrásio Monteiro] CETESB
Engº Ely Carlos de Alvarenga	
Engº Paulo Salvador Filho	
Engº José Carlos Derísio	

23 março 1976, Terça-feira - manhã

Estudos de Monitoramento na Área de Cubatão/Santos.

Engº Ely Carlos de Alvarenga] CETESB
Engº José Carlos Derísio	

Trabalhos de Modelação do Rio Paraíba

Engº Carai Ribeiro de Assis Bastos] CETESB
Engº Celso Eufrásio Monteiro	

tarde Análise Retrospectiva de Relatórios Disponí-veis

Engº David Hopkins, PAHO] CETESB
Engº Rubens Abreu, CETESB	

24 março 1976, Quarta-feira -manhã

Estudos Hidrobiológicos no Reservatório Billings.

Engº Hideo Kawai] CETESB
Engº Rubens Abreu	
Engº David Hopkins, PAHO	

Continuação da Discussão dos Objetivos

Engº Werner Eugenio Zulauf	}	CETESB
Engº Max Arthur Veit		
Engº Nelson Nabhan	}	CETESB
Engº Rubens Abreu		
Engº William W. Finley	}	PAHO
Engº David Hopkins		
Engº Herbert Allen, Consultor da OMS		

tarde Preparação da versão preliminar do relatório

25 março 1976, Quinta-feira-

Visitas ao campo de automóvel

Estação Elevatória do Rio Pinheiros, Elevatória de Guarapiranga, Reservatório Billings, Estação de Captação e de Tratamento do Rio Grande, Rio Tamandatei e Rio Tietê.

Engº Mauro Mattos, CETESB
Engº José Francisco Furquim de Campo, CETESB
Engº David Hopkins, PAHO

26 março 1976, Sexta-feira - manhã Outras Discussões sobre os objetivos do relatório

Engº Werner Eugenio Zulauf	}	CETESB
Engº Nelson Nabhan		
Engº Rubens Abreu		
Engº William W. Finley	}	PAHO
Engº Carlos Celso do Amaral e Silva		
Engº David Hopkins		

Discussões dos Modelos de Kerr e do Rio Paraíba

Engº Carai Ribeiro de Assis Bastos, CETESB

tarde Discussão dos Estudos de Qualidade de Água da SABESP

Dr. Eduardo Riomey Yassuda	}	SABESP
Engº Walter Jácomo Tanjolo		
Engº Luiz Augusto Motto Pacheco		

Eng^o J.M. Costa Rodrigues, Consultor da SABESP
 Eng^o Rubens Abreu, CETESB
 Eng^o William W. Finley
 Eng^o David Hopkins } PAHO

29 março 1976, Segunda-feira-manhã Visita ao Campo de Helicóptero ao Rio Tietê, Reservatório Billings, Rio Tamandateí, Cubatão, Reservatório da Guarapiranga.

Eng^o Max Veit
 Eng^o Rubens Abreu } CETESB

tarde Preparação de Relatório

30 março 1976, Terça-feira - manhã Visita a Hidroservice para discussões do Plano Diretor da SABESP para a Grande São Paulo.

Eng^o Armando J. Bitencourt
 Eng^o Thierry Rezende
 Eng^o Eduardo Pacheco Jordão } Hidroservice

Eng^o Luiz Augusto Motto Pacheco, SABESP
 Eng^o Rubens Abreu, CETESB

Eng^o William W. Finley
 Eng^o David Hopkins } PAHO

tarde Preparação de Relatório

31 março 1976, Quarta-feira -manhã Visita do DAEE ao CETESB

Eng^o Rubem La Laina Porto, DAEE
 Eng^o Max Veit

Eng^o Rubens Abreu } CETESB

Eng^o David Hopkins

Eng^o William W. Finley } PAHO

tarde Preparação de Relatório

1 abril 1976, Quinta-feira Preparação de Relatório

2 abril 1976, Sexta-feira - manhã Preparação de Relatório

tarde Discussões Finais das Recomendações

Eng^o Max Veit

Eng^o Rubens Abreu

} CETESB

Eng^o William W. Finley

Eng^o David Hopkins

} PAHO

Partida de São Paulo

3 abril 1976, Sábado

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. * Hazen and Sawyer, Engineers
"Relatório sobre Disposição de Esgotos, São Paulo, Brasil"
New York, New York, July 1967 (for DAE)
2. * Camp, Dresser & McKee, Ltd.
"Report: Immediate Measures for Collection and Treatment of Wastewater for Greater São Paulo"
Boston, Massachusetts, U.S.A., January 1973 (for SANESP)
3. * Armstrong, N.R.
"Development of a Water Quality Management Study Plan for the Santos Bay and Estuary"
Project BRZ-2103-WHO, August 1975
4. * Armstrong, N.R.
"Trip Report January 4-11, 1976"
Project BRZ-2103-WHO, January 1976
5. CETESB
"Levantamento Industrial da Ultrafertil S.A. Indústria e Comércio de Fertilizantes"
São Paulo, March 1974
6. * CETESB
"Relatórios de Lecantamentos Industriais Bacia do Rio Cubatão"
São Paulo, January 1975
7. Grupo Coordenador para Operação Interligada
"Relatório Final: Comissão de Estudo/de Regras de Operação do Reservatório Billings"
São Paulo, May 1975 (SCEN-SE-04/75)
8. * CETESB
"Relatório de Atividades da CETESB no Programa da Comissão de Estudo de Regras de Operação do Reservatório Billings (CERORB)"
São Paulo, January 1976
9. * Hidroservice-Engenharia de Projetos, Ltda.
"Sistema de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo, 2º Relatório Parcial: Plano Imediato de Prevenção Ambiental"
São Paulo, March 1976 (for SABESP)
10. * SEP-GEGRAN-SABESP
"Plano Diretor de Esgotos da Grande São Paulo: Solução Integrada"
São Paulo, July 1974

As referências assinaladas com um * devem ser encontradas na biblioteca da CETESB.

11. *Isaac, P.C.G., and Wiener, A.
"Interim Report of a Group of Consultants on Water Resources and Pollution Aspects of the Grande São Paulo Area"
Project BRZ-2103-WHO, December 1973
12. *Demayo, A.
"A Water Quality Data Bank and Some Comments and Suggestions on the Laboratories Operations and Water Quality Data Interpretation"
Project BRZ-2103-WHO, August 1973
13. *Malina, J.F.
"Report on the Metropolitan São Paulo Pollution Control Programs"
Project BRZ-2103-WHO, August 1973
14. *Malina, J.F.
"Report on the Metropolitan São Paulo Pollution Control Programs"
Project BRZ-2103-WHO, January 1975
15. Weber, C.I.
"A Report on the Evaluation of the Aquatic Biology Program"
Program BRZ-2103-WHO, May 1975
16. Morrison-Knudsen Internacional de Engenharia S.A.
"Manual do Usuário para Modelo de Simulação do Sistema Fluvial Paraíba - Rio de Janeiro, July 1975 (for WHO)
17. Hufschmidt, M.M., et al.
"Standards and Criteria for Formulating and Evaluating Federal Water Resources Developments"
Bureau of the Budget, Washington, D.C., June 30, 1961.
18. Harrington, J.J.
"The Use of Systems Analysis in Environmental Engineering"
in The Education and Training of Environmental Health Engineers
World Health Organization, Public Health Paper, Geneva, Switzerland, 1970
19. *Dorfman, R., et al., editors
Models for Managing Regional Water Quality
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1972
(especially Chapter 1 by H.A. Thomas, Jr.)
20. Maass, A., et al.
Design of Water Resource Systems
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1962
21. Wolf, P.
Simulation des Sauerstoffhaushaltes und Lastberechnungen in Fließgewässern
- Anwendung in der Praxis
in Reference (22)

As referências assinaladas com um * devem ser encontradas na biblioteca da CETESB

22. Abwassertechnische Vereinigung e.V.
3. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium München, 1975
Gesellschaft zur Förderung der Abwasser-technik, Bonn, Heft 28
23. *Hines, W.G., et al.
"Formulation and Use of Practical Models for River Quality Assessment"
J. Water Pollution Control Federation 47 (10), 2357-2370 (1975)
24. *Velz, C.J.
Applied Stream Sanitation
Wiley-Interscience, New York, 1970
25. Butts, T. A., et al.
"Practical Considerations for Assessing the Waste Assimilative Capacity of Illinois Streams"
Illinois State Water Survey, Urbana, Illinois, 1973, Circular 110
(Single copies usually may be requested free,)
26. Thomann, R.V.
Systems Analysis and Water Quality Management
Environmental Science Services Division, 60 East 42nd Street, New York, New York 10017
27. *Shastry, J.S., et al.
"Nonlinear Parameter Estimation in Water Quality Modeling"
J. Environmental Engineering Division (ASCE) 99 (EE3), 315-331 (1973)
28. *Boyle, W.C., et al.
"Pitfalls in Parameter Estimation for Oxygen Transfer Data"
J. Environmental Engineering Division (ASCE) 100 (EE2), 391-408 (1974)
29. *Lizcano, J.J., et al.
"Identification of Parameters in Transient Water Quality Models from Stochastic Data"
Water, Air and Soil Pollution 3, 261-278 (1974)
30. *Brown, L.C.
"Statistical Evaluation of Reaeration Prediction Equations"
J. Environmental Engineering Division (ASCE) 100 (EE5), 1051-1068 (1974)
31. Water Pollution Research Laboratory
Water Pollution Research Technical Paper No. 11
HMSO London, 1961
32. Edeljine, F.
Succes et echecs dans L'epuration biologique des eaux esées d L'industrie alimentaire
in Reference (22)
33. Wolf, P.
Simulation des Sauerstoffhaushaltes in Fließgewässern, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Nr. 53
R. Oldenbourg Munchen, 1974

As referências assinaladas com um * devem ser encontradas na biblioteca da CETESB.

34. Allen, H.E.
"Water Quality Monitoring Programs"
Project BRZ-2103-WHO, March 1976
35. Ltn, S.
"Nonpoint Rural Sources of Water Pollution"
Illinois State Water Survey, Urbana, Illinois, 1972, Circular 111
(Single copies can usually be requested free.)
36. Roesner, L. A., et al.
"A Model for Evaluating Runoff-Quality in Metropolitan Master Planning"
ASCE Urban Water Resources Research Program, Technical Memorandum No. 23,
April 1974.
37. MetaSystems, Inc.
"Land Use Environmental Quality Relationship"
Cambridge, Massachusetts, November 1975, prepared for U.S. EPA Contract
No. 68-01-2622.
(To be available shortly from U.S.E.P.A.)
38. Process Research Incorporated
"A Study of Pollution Control Alternatives for Dorchester Bay"
Commonwealth of Massachusetts, Metropolitan District Commission, December
1974. (See particularly Chapter 6, "Bacterial Decay Rates in Boston Harbor.")
Note: PRI is now Process Research Division of Environmental Research and
Technology, Inc., Concord, Massachusetts.
39. Process Research Incorporated
"Final Report on the Storrow Lagoon Demonstration Plant"
Commonwealth of Massachusetts, Metropolitan District Commission, July 1975
(See particularly Chapter 6, "Description of the Lower Charles River Basin
Model.")
40. Offhaus, K.
Abwasserbewertung mit Hilfe von Toxizitäts- und Belebtschlammversuchen,
Wasser- und Abwasserforschung Munchen, 1969, Nr. 5
41. Lorenzen, M., and Mitchell, R.
"Theoretical Effects of Artificial Destratification on Algal Production
in Impoundments"
Environmental Science and Technology 7, 939-944 (1973).
42. Sykes, R.M.
"The Prediction of Lacustrine Trophic Status"
Department of Civil Engineering, Ohio State University 43210, December
1975 (mimeographed). To be published
43. *Gloyna, E.F.
Waste Stabilization Ponds
Monograph Series No. 60, World Health Organization, Geneva, Switzerland,
1971

As referências assinaladas com um * devem ser encontradas na biblioteca da CETESB.

44. *Varma, M.M., and Digiano, F.
"Kinetics of Oxygen Uptake by Dead Algae"
J. Water Pollution Control Federation 40, 613-626 (1968)
45. Jewell, W.J., and McCarty, P.L.
"Aerobic Decomposition of Algae and Nutrient Regeneration"
Technical Report No. 91, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California, 1968
46. *Hornberger, G.M., and Kelly, M.G.
"Atmospheric Reaeration in a River Using Productivity Analysis"
J. Environmental Engineering Division (ASCE) 101 (EE5), 729-739 (1975)
47. Willis, R., Anderson, D.R., and Dracup, J.A.
"Steady-State Water Quality Modeling in Streams"
J. Environmental Engineering Division (ASCE) 101 (EE2), 245-258 (1975)
48. Mitchell, R., and Chamberlin, C.
"Factors Influencing the Survival of Enteric Microorganisms in the Sea: An Overview," Paper No. 25 in Discharge of Sewage from Sea Outfalls, edited by H. Gameson. London: Pergamon Press, 1975.
49. Brunner, P.G.
Die Verschmutzung des Regenwasserabflusses im Trennverfahren
Technische Universität, München, 1975
50. Garland, J.H.N.
"Effects of storm discharges on river water quality"
in Reference (22)
51. Krauth, K.
Die Auswirkung der verschiedenen Bauarten von Regenüberlaufbecken auf die Schmutzbelastung des Vorfluters und die Wirtschaftlichkeit des Kanalnetzes
in Reference (22)
52. Krauth, K.
Auswirkung der Einleitung von Regenwasser auf die Vorfluter
Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Koblenz, Sonderheft, 1973
53. "Projeto Especial 1/DP/75, Relatórios No. 1-4"
São Paulo, June 1975 (for SABESP)
54. Fiering, M.B.
Streamflow Synthesis
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1971.

As referências assinaladas com um * devem ser encontradas na biblioteca da CETESB.

AGRADECIMENTOS

Os consultores desejam agradecer a assistência e cooperação das equipes da PAHO e da CETESB. A datilografia da versão final deste relatório foi feita pela Sra. A.F. Blalock da Universidade de Harvard.