

# O PROJETO DAN

ENG.º PAULO NAIDIN (\*)

A existência de características climatológicas adversas constitui-se num fator de pressão no desenvolvimento de Israel. A carência de recursos hídricos de maneira geral, aliada a uma rígida concentração do período chuvoso, faz com que todos os esforços sejam desenvolvidos no sentido de um aproveitamento otimizado dos recursos de água disponíveis. A reutilização das águas servidas de áreas urbanas foi reconhecida como objetivo de sérios trabalhos, dentre os quais o Projeto Dan se destaca pelo escopo e perspectiva: somar ao sistema de abastecimento de águas nacional uma descarga que alcançará 160 milhões de m<sup>3</sup> por ano em 1995, através do tratamento conjunto dos esgotos das principais cidades da região DAN.

A região DAN localiza-se na parte central de Israel, abrangendo Tel-Aviv e cidades vizinhas, constituindo-se no maior agrupamento habitacional do País, cuja população deverá atingir cerca de 1,4 milhão de habitantes ainda no ano noventa. Os despejos dos esgotos dessas cidades vinha sendo feito até há pouco por meio de lançamentos oceânicos no Mar Mediterrâneo e em escala menor, em áreas de dunas de areia. A poluição das praias tornou-se evidente, além do que os despejos de esgotos nas dunas ocasionou odor considerável. Estes métodos não podiam ser mantidos num País onde a água é escassa e constitui-se num valioso bem.

O planejamento do Projeto de Recuperação das Águas Servidas da Região DAN começou em 1959, e consistia, em linhas gerais, no encaminhamento dos esgotos das sete cidades da Região DAN até a área do tratamento biológico, com posterior tratamento químico do efluente, seguido de infiltração e bombeamento. Os estudos iniciais para a escolha do processo a ser utilizado foram dirigidos no sentido de uma obra que empregasse unicamen-

te o processo dos lodos ativados. Considerações posteriores, entre elas o aproveitamento da água subterrânea no tratamento de águas servidas, e a possibilidade de acumulação de água no sub-solo levaram à apresentação de uma proposta que envolveria inicialmente o uso de lagoas de estabilização ou oxidação como processo biológico de tratamento dos esgotos. Este tipo de tratamento permite a obtenção de um efluente de qualidade uniforme para as etapas posteriores de purificação. Seu custo menor inicial e a operação comparativamente simples do processo, aliados aos baixos custos de operação e manutenção, fizeram prevalecer a escolha deste método para os primeiros estágios do projeto, apesar dos problemas da necessidade de grandes áreas. A definição do processo biológico a ser utilizado para descargas maiores ficou de ser feita em etapa posterior.

A existência na Região DAN de uma zona de dunas em Rishon le Zion, nas proximidades das áreas que não seriam postas em uso nos anos subsequentes, ditou a posição da zona de descarga, ao mesmo tempo em que eliminou o problema de obtenção de áreas a baixo preço para a construção das bacias de estabilização. Um fator especial da região disponível é a existência numa de suas partes, de um depósito de argila abaixo da área que seria efetivamente usada para fundo das lagoas e que reduziria as perdas por infiltração no solo.

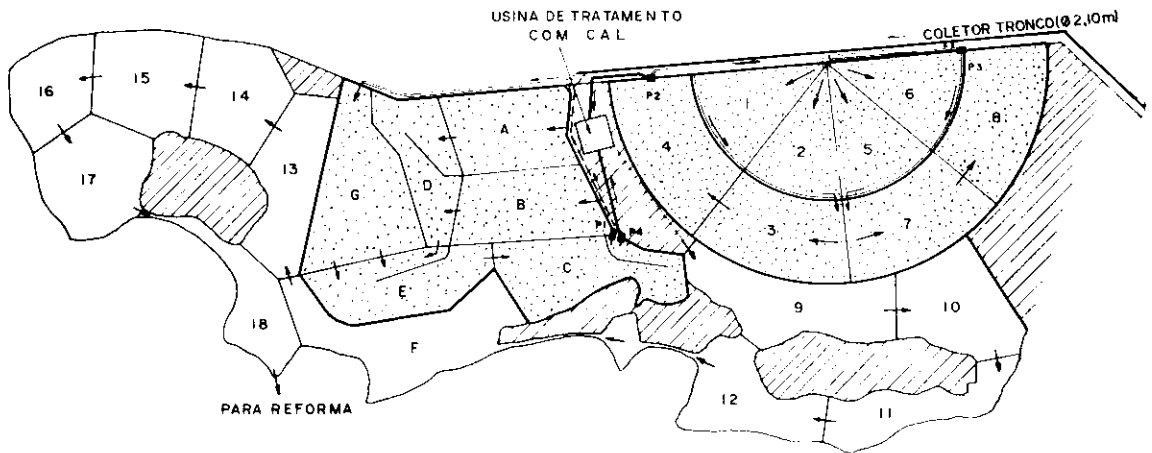
## ESTÁGIOS DA OBRA

A divisão das etapas do projeto foi feita de acordo com a previsão do crescimento do fluxo de águas servidas, levando-se em conta a ligação dos pontos de descarga existentes.



## OPERAÇÃO

Inicialmente, para a primeira fase da obra, o tratamento com as lagoas de estabilização foi

(\*) *Planning and Hydraulic Engineer — Dan Sewage Reclamation Project — Tahal Consulting Engineers Ltd. — Tel-Aviv — Israel.*



LEGENDA

-  LAGOAS DE RECIRCULAÇÃO
-  LAGOAS DE REMOÇÃO DE AMÔNIA

LAGOAS EXISTENTES E DE SEGUNDO ESTÁGIO

concebido sob forma de circuito *anaeróbico-aeróbico*. Para o primeiro estágio da fase Bassa foram construídas cinco lagoas, com uma área total de aproximadamente 400.000 m<sup>2</sup> dedicados à absorção dos despejos de duas das sete cidades, com capacidade de 8,2 milhões de m<sup>3</sup>/ano. A operação (com lagoa *anaeróbica* seguida de lagoas facultativas em série) foi iniciada em dezembro de 1969, em condições de inverno que não propiciaram o desenvolvimento biológico necessário para o funcionamento normal do sistema — o que acarretou na ocorrência de odores na lagoa *aneróbica*.

Foram então projetados os arranjos necessários para a operação das lagoas sob o processo de lagoas facultativas aeróbicas com re-circulação, com o abandono da etapa *anaeróbica*.

O princípio do processo é baseado num sistema de duas etapas de lagoas, de forma que das lagoas secundárias recircula-se o efluente com alta concentração de algas e oxigênio dissolvido para as lagoas primárias. Este sistema de re-circulação fornece aos operadores meios de controle rápido do sistema, no caso da ocorrência de quaisquer problemas.

Para a adaptação das lagoas ao novo método operacional, foram necessárias obras de nivelamento, construção de novas passagens entre as lagoas e colocação de cortinas para prevenção de «curto-circuitos», além da construção de uma estação de recalque para a re-circulação do efluente da última lagoa secundária.

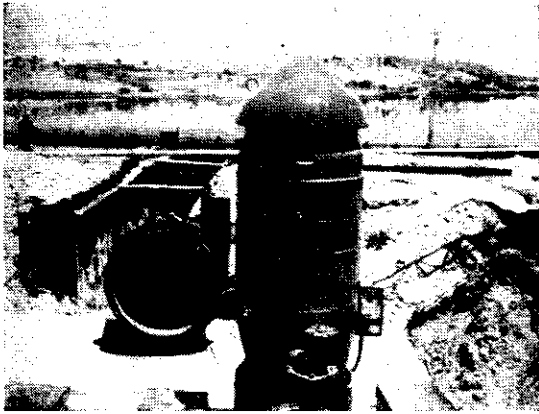
As cinco lagoas: A, B, C, D e E, (Fig. anexa) com profundidades de 2,0 a 2,5 m, têm área aproximada de 80.000 m<sup>2</sup> cada uma e compõem o conjunto do sistema das lagoas facultativas com re-

circulação: as lagoas A e B funcionam em paralelo como lagoas primárias, sendo seu efluente encaminhado em série pelas lagoas D, E e C. O efluente da lagoa C é recalcado pela estação P<sub>1</sub> para o canal de entrada dos esgotos numa relação de 1,5:1,0. A mistura entre a quantidade re-circulada e os esgotos influentes é feita ao longo dos 300 m de comprimento do canal de entrada e o fluxo é dividido igualmente entre as lagoas A e B através de 13 entradas que descem ao fundo das lagoas.

A operação do sistema de lagoas facultativas aeróbicas com re-circulação foi iniciada em junho de 1970. A principal dificuldade residiu no enchimento das lagoas: por um lado não haviam efluentes para recirculação e por outro havia necessidade de tempo para aclimação e desenvolvimento de microorganismos no fundo das lagoas — havendo portanto necessidade de começar a operação com cargas orgânicas muito baixas. Além disso, somava-se a este quadro uma alta taxa de infiltração, de antemão prevista para o início da operação.

Para superar esses problemas, juntamente com as águas servidas que entravam nas lagoas A e B, foram trazidas águas de poços localizados na área das lagoas e do Conduto Nacional.

Inicialmente foi completado o enchimento das lagoas A, B e D, que funcionaram com sistema de re-circulação pequeno, no qual o efluente da lagoa B era convenientemente re-circulado, para a lagoa A, onde entrava juntamente com as águas servidas. O excesso de efluente entrava para o enchimento de C e depois E. Em dezembro de 1970 foi completado o enchimento de todas as cin-

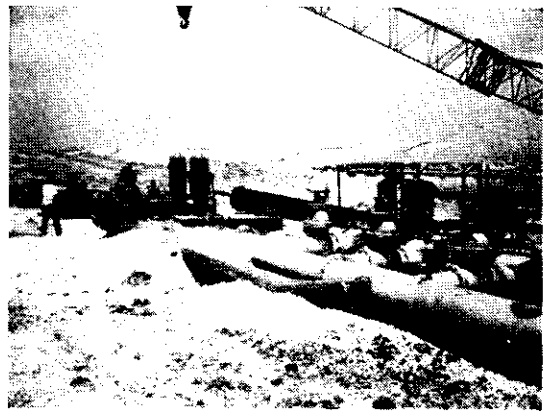


**Fig. 1** — A estação P4, em fase final de montagem, levará o efluente da lagoa C para o tratamento químico com cálcio.

co lagoas e o sistema funcionou no ciclo de recirculação maior como projetado. Foi utilizada no início uma carga orgânica da ordem de 130 kg DBO/ha.dia, com uma descarga de 15.000 m<sup>3</sup>/dia, que foi aumentando gradativamente, paralelamente, foi sendo diminuída a infiltração com a saturação do solo abaixo das lagoas. O aumento da quantidade de esgotos que foi descarregado nas lagoas e a diminuição da infiltração permitiram a interrupção do fornecimento de água do Conduto Nacional, assim como a diminuição gradativa também da água bombeada do poço local. Pesquisas realizadas pelo Instituto Tecnológico de Israel sobre o processo de infiltração de esgotos em dunas de areia, indicaram como resultado um gradativo capeamento do terreno. Esta consideração levou a não impermeabilização artificial do fundo das lagoas: as quantidades de esgotos que poderiam porventura atingir o aquífero subterrâneo, até que o processo de capeamento fosse completado, não apresentavam considerável quantidade de poluentes.

Em verdade, durante certo período ocorreu uma taxa de infiltração constante da ordem de 6 cm/dia, para o qual foi alcançado o equilíbrio entre a quantidade de esgotos influente e a infiltrada, sem despejos de efluentes do sistema. A partir de junho de 1971 iniciou-se um decréscimo constante da taxa de infiltração nas lagoas A e E que chegou, em dezembro de 1971 a 1 cm/dia. Testes de infiltração indicam que o processo de impermeabilização ainda está em andamento.

Em meados de fevereiro de 1971 foi atingida a descarga projetada com 22.500 m<sup>3</sup>/dia, quando a carga orgânica era de 190 kg DBO/ha.dia e as lagoas absorveram toda a quantidade de esgotos sem distúrbios. Durante os meses de primavera e verão a quantidade foi aumentada lentamente até



**Fig. 2** — A estação P1 está em operação recirculando o efluente da lagoa C para as lagoas primárias A e B, com uma descarga da ordem de 1.500 m<sup>3</sup>/hora.

25.000 m<sup>3</sup>/dia com carga orgânica média de 230 kg DBO/ha.dia.

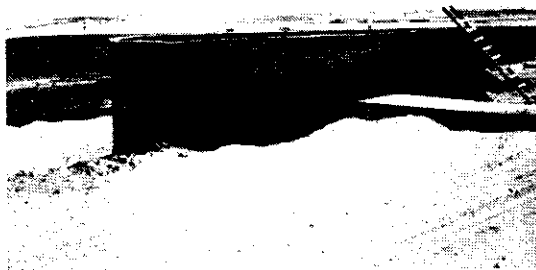
Para evitar o fenômeno da estratificação térmica, passível de ocorrer em determinadas épocas do ano, foram instaladas nas lagoas primárias A e B quatro misturadores. Como já frisamos, cada uma dessas lagoas tem área aproximada de 80.000 m<sup>2</sup>, com profundidades de 2,0 a 2,5 m. Com a finalidade de não alterar a camada anaeróbica característica da operação das lagoas facultativas e também de não permitir a fuga de oxigênio da superfície, sugando a camada abaixo da linha de água e expelindo-a radialmente, aproximadamente a metade da altura da lagoa.

#### AS NOVAS LAGOAS

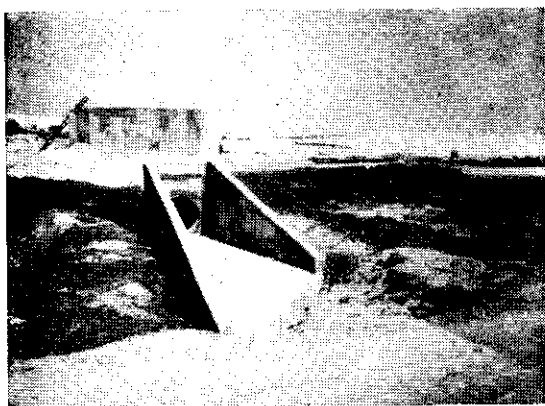
As observações e testes de eficiência nas lagoas de oxidação da primeira fase confirmaram a escolha do uso do mesmo tipo de tratamento para a segunda fase do estágio Bassa.

Baseados na experiência da operação da primeira fase, foram revistos problemas de melhor aproveitamento bio-hidráulico da área e as novas lagoas, de profundidade igual a 1,5 m, foram dispostas em forma de semi-círculo, do qual 1/3 da área foi reservada para as lagoas primárias. Procurou-se também evitar ainda mais perdas por infiltração, sendo decidida a impermeabilização do fundo das novas lagoas com argila.

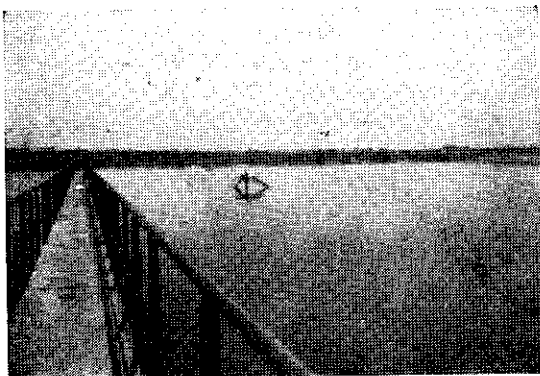
As lagoas de estabilização projetadas para a complementação da etapa Bassa, compõe uma área de 700.000 m<sup>2</sup> além de uma área de lagoas adicional de cerca 800.000 m<sup>2</sup> para polimento do efluente. A expansão da área das lagoas, em relação à parte já em operação foi na direção norte, sendo a entrada para as novas lagoas feitas através da retirada da quantidade de esgotos da linha influente de 2,10 m (84") de diâmetro.



**Fig. 3 — O ingresso no novo sistema de lagoas é feito por uma única estrutura de divisão no centro do semi-círculo.**



**Fig. 4 — As tubulações de entrada descem ao fundo das lagoas e têm estruturas de descarga hidráulicamente otimizadas.**



**Fig. 5 — Em primeiro plano a ponte para amostragem das lagoas primárias em operação. Ao fundo um misturador para uniformizar o sistema em períodos de tendência à estratificação.**

Da tubulação principal os esgotos entram num canal de entrada, onde são misturados com o efluente das lagoas; este canal chega até o centro do semi-círculo onde está localizada a estru-

tura da divisão principal da obra. Ai é feita a entrada da mistura em quatro lagoas primárias — a forma geométrica das lagoas permite um aproveitamento total da área com fluxo radial. O efluente de cada par de lagoas (correspondente aos quadrantes sul e norte do semi-círculo) são coletados no perímetro das lagoas primárias e transportados para as lagoas secundárias.

Na extremidade das lagoas secundárias do quadrante sul e do quadrante norte existem vias coletoras que encaminham o efluente do sistema para estações de bombeamento, de onde é levado para as etapas posteriores: a estação do quadrante norte  $P_3$  bombeia para o canal de entrada para re-circulação e a estação de recalque sul  $P_2$  descarrega parte do efluente para completar a taxa de re-circulação, sendo o restante encaminhado para o tratamento com cal: o sistema acima detalhado foi preparado para uma descarga diária média de 46.000  $m^3$ /dia.

O primeiro estágio do processo de recuperação, com capacidade de 15 milhões de  $m^3$ /ano está em construção e será completado em fins de 1972. Este estágio inclui uma estação de recalque, tubulação de pressão, 220.000  $m^2$  de lagoas de infiltração, 10 poços de recuperação e um sistema de coleta para conexão na linha de abastecimento nacional.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Durante todo o período de operação vem sendo efetuada uma verificação constante sobre as condições ocorrentes nas lagoas e sobre a qualidade do efluente, como medições de O. D., pH, temperaturas e identificação e contagem de algas.

Uma das características das lagoas é que apesar do O. D. nas lagoas primárias, muito carregadas, cair virtualmente a zero durante maior parte da noite e atingir apenas 0,5 mg/l durante a tarde, nenhum odor nem sinal de sobrecarga é sentido. Quanto às algas, a «Chlorella» foi a predominante, com seu número variando entre 500.000 a 1.000.000 por  $cm^3$ . Nas lagoas secundárias, a alta concentração das algas acarreta um aumento na concentração do oxigênio dissolvido, principalmente nas horas da tarde.

Dos resultados obtidos podemos apresentar uma redução de 90% na DBO e de 70% no nitrogênio total. O resultado com a redução do nitrogênio é particularmente animador quando levamos em conta o alto grau no valor deste no esgoto influente.

Desta forma podemos concluir que a operação das lagoas de oxidação da região DAN vem se desenvolvendo a contento, com o aperfeiçoamento de um processo simples e econômico, cuja aplicação em áreas apropriadas pode tornar a resposta aos problemas de combate à poluição de recursos hídricos.