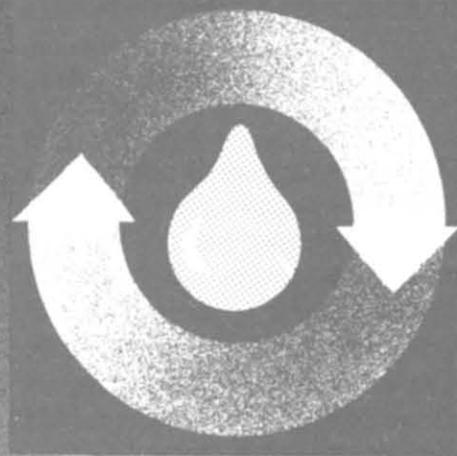


Reuso da água



A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental seção São Paulo, Abes-SP, tem formado grupos de trabalho para a discussão dos temas candentes do setor. Em abril e maio passados, um grupo de trabalho coordenado pelo engenheiro Pedro Caetano Sanches Mancuso (coordenador de pesquisa operacional da Sabesp e professor da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo) discutiu e produziu um texto sobre o reuso da água, cujo relator é o engenheiro Hilton Felício dos Santos (especialista na área de meio ambiente da Sabesp).

Integraram o grupo de trabalho: Dione Mari Morita (coordenadora de pesquisas do Laboratório de Saneamento "Lucas Nogueira Garcez" da Escola Politécnica da USP), Doron Grull (engenheiro consultor em gerenciamento de recursos hídricos), José Maria Costa Rodrigues (engenheiro consultor de engenharia sanitária e ambiental), José Soares Pimentel (especialista em desenvolvimento de tecnologia operacional da Sabesp), Manoel Henrique Campos Botelho (especialista em engenharia sanitária e ambiental), Rubens Monteiro de Abreu (assessor da Coordenação do Grupo Executivo do Projeto de Despoluição do Tietê), Sérgio Eiger (professor do Dept.º de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Poli-USP).

Correspondência: Rua Costa Carvalho, 234 — 05429-000 — São Paulo, telefone (011) 814-1874 e 814-1901

O reuso da água para fins não potáveis foi impulsionado em todo mundo nas últimas décadas, devido à crescente dificuldade de atendimento da demanda de água para os centros urbanos, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional. Com a política do reuso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se a água de qualidade inferior — geralmente efluentes secundários pós-tratados — para atendimento daquelas finalidades que podem prescindir da potabilidade.

As imagens mais comuns associadas ao reuso da água são normalmente aquelas ligadas ao abastecimento doméstico, industrial e agrícola. O reuso da água, entretanto, afeta outras utilizações do recurso hídrico, como a da diluição dos despejos nos cursos d'água receptores, o uso de mananciais para abastecimento, a navegação, as atividades recreacionais, a pesca, e mesmo a geração de energia hidroelétrica. Torna-se, assim, recomendável que o reuso da água seja abordado sob a óptica do uso múltiplo dos recursos hídricos.

São muitas as formas e configurações de reuso da água. A seleção de uma determinada alternativa deve considerar seus efeitos locais e sobre as regiões vizinhas, em cenários atual e estimado para o futuro. Os impactos sociais, ambientais e econômicos, positivos e negativos do reuso planejado devem ser criteriosamente avaliados para que a proposta se aproxime da óptica na exploração do recurso hídrico.

A forma de reuso pode ocasionar importantes alterações na qualidade e na quantidade das águas, bem como na morfologia dos corpos d'água, devido a mudanças no regime de transporte da descarga sólida nestes cursos.

A transposição do recurso hídrico entre bacias hidrográficas pode às ve-

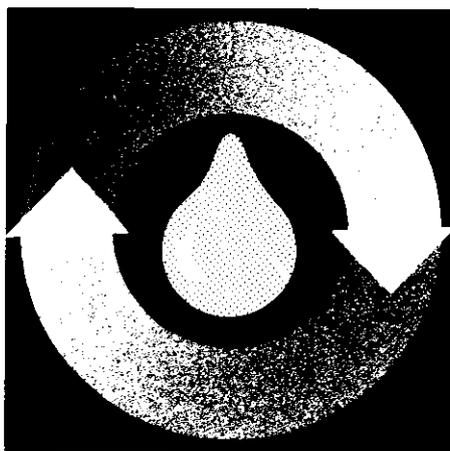
zes gerar conflitos entre as necessidades dos usuários das bacias afetadas, trazendo para a bacia importadora — como a da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) por exemplo — a necessidade de captar mananciais adequados cada vez mais distantes do pólo consumidor.

Por outro lado, a bacia exportadora do recurso hídrico tem sua oferta para consumo local diminuída, com eventuais prejuízos para manutenção de sua qualidade de vida. *O reuso das águas surge como forma de minimizar, ou mesmo evitar, esses conflitos.*

Um programa de reuso da água não pode prescindir de informações confiáveis a respeito das características quantitativas e qualitativas do recurso hídrico alvo do estudo, tanto o superficial como o subterrâneo. Devem ser avaliadas as demandas de água, as cargas poluidoras afluentes aos cursos d'água e a autodepuração que eles possam promover.

As variáveis qualitativas e quantitativas significativas devem ser selecionadas e monitoradas com uma frequência e duração satisfatórias. A confiabilidade destas informações aumenta com a extensão das séries históricas de dados, fato importante a considerar no dimensionamento e na operação das redes de monitoramento.

O encaminhamento destas questões deve fazer parte de uma estrutura institucional adequada para abordar este problema multidisciplinar,



dentro da qual deve ser destacada a importância de ser criado, incentivado e mantido um corpo técnico e acadêmico capaz de compreender e lidar com os problemas envolvidos com o reuso da água.

No jornal *O Globo*, de 8 de maio de 1992, página 16, encontra-se uma síntese apropriada para enfatizar a atenção que deve ser dada à escassez mundial de água: "A água pura é mercadoria rara. E o desperdício é a prática comum. De toda a água do planeta, apenas seis por cento servem ao consumo humano. Estima-se que no ano 2000 a água será produto escasso em diversos países, pelo aumento do consumo doméstico, na agricultura e na indústria.

"Em todo o mundo, o uso da água aumenta de maneira dramática, acompanhando a explosão demográfica. Em 1950, eram 1360 quilômetros cúbicos por ano. Em 40 anos, subiu para 4130 quilômetros cúbicos. A agricultura é a maior consumidora mundial (69%, contra 23% da indústria e 8% de consumo doméstico). Além das reservas limitadas, a água sofre com o lixo, o esgoto e outros elementos tóxicos. A UNESCO, a Organização Mundial da Saúde e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento mantêm projeto de monitoramento da qualidade da água desde 1977, PNUMA, em 240 rios e 43 lagos de 59 países.

"Aproximadamente dez por cento dos cursos d'água são considerados poluídos, reduzindo a oferta de água potável.

"As agressões aos oceanos e mares também estão na mira do PNUMA. Mais da metade da população de países em desenvolvimento obtém do mar 30% de suas proteínas animais."

Definições e conceitos

A terminologia dos reusos é a adotada em (1).

Reuso potável direto

Ocorre quando o esgoto tratado por meio de processo avançado é injetado numa adutora de água potável.

A Abes — SP não recomenda hoje o reuso potável direto porque (a) a tecnologia disponível torna o custo proibitivo, (b) porque inexiste conhecimento em amplitude e profundidade necessários sobre o rol de poluentes e contaminantes do recurso hídrico e, (c), porque a dificuldade em controlar a flutuação da qualidade da água processada pode trazer riscos inaceitáveis à população.

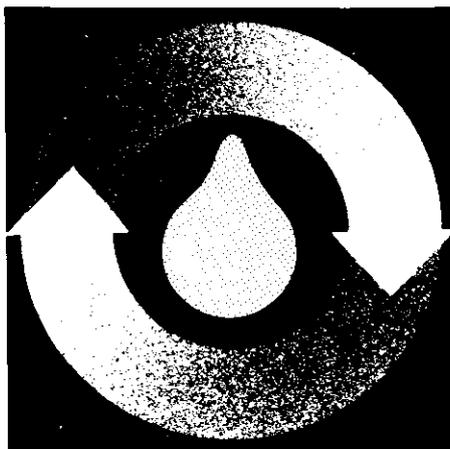
Mesmo em países desenvolvidos tal prática não é de uso corrente, em virtude dos motivos apontados. Num escala de prioridades de problemas a resolver no saneamento básico brasileiro, o reuso potável direto não deve encabeçar a lista.

A conceituação de reuso potável direto tem sido também vista por alguns autores sob um enfoque mais amplo. Conceituam muitos que o reuso é direto sempre que o efluente tratado é reutilizado pelo mesmo usuário, com ou sem diluição, porém sem que tenha ocorrido descarga na natureza, o que daria oportunidade para que a auto depuração natural purificasse o despejo lançado, antes da captação para novo uso.

Reuso potável indireto

O esgoto tratado quando lançado em corpos d'água ou infiltrado no terreno reforça a disponibilidade das águas superficiais ou subterrâneas. Trata-se do reuso natural, onde fatores como a diluição e a reaeração, no caso das águas de superfície, promovem a purificação natural do recurso hídrico, viabilizando sua captação, tratamento e consumo como água potável.

Pode se dar de forma planejada ou não. No caso das águas superficiais, podem ser planejadas obras para des-



cargas intencionais à montante do ponto de captação. A diluição é dependente do volume de água disponível no receptor e a reaeração, da velocidade das águas do rio. No caso das águas subterrâneas, recargas planejadas podem decorrer do tratamento dos esgotos por infiltração-percolação no solo, ou por injeção pressurizada, ambas modalidades reforçando o aquífero.

Na Flórida (2), a permissão para descarga de efluentes em aquíferos rasos só é concedida se nenhuma outra alternativa for possível e se a operação for temporária. Na Califórnia, a recarga é autorizada se puder ser demonstrado que não existe risco de contaminação de aquíferos de qualidade de água superior.

A Abes — SP recomenda que tal forma de reuso seja estudada e otimizada no Brasil através do gerenciamento competente das bacias hidrográficas regionais e da consideração de seus efeitos sobre o uso planejado para o aquífero.

Reuso não potável

Agrícola — Ocorre quando o efluente das estações de tratamento de esgotos (ETES), convenientemente condicionado, é utilizado para irrigação da agricultura de sustento ou forrageira e/ou para a dessedentação de animais. Como consequência desta modalidade de reuso, na maioria das vezes ocorre a recarga do lençol freático.

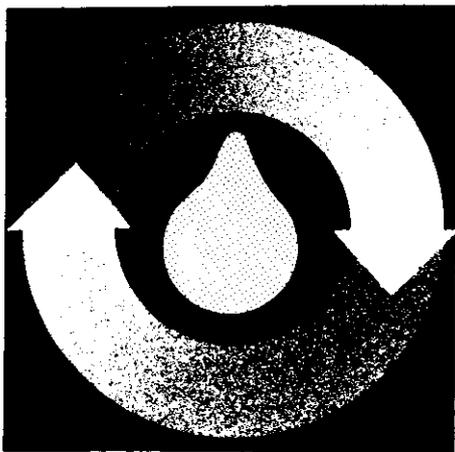
A Abes — SP recomenda (2) que a qualidade da água para este tipo de reuso seja examinada observando-se os limites normalizados para poluentes na água de irrigação, fixados para períodos curtos (menos de 20 anos) e para uso a longo termo. Os primeiros são para solos de textura fina, neutros ou alcalinos, com alta capacidade de remoção dos diferentes poluentes, enquanto os segundos são fixados conservativamente, para cultivo da planta mais sensível a determinado poluente, em solo arenoso, que tem baixa capacidade de reação, tendo portanto baixa capacidade de remoção do poluente em questão.

Industrial — Trata-se do reuso do efluente das ETES, convenientemente condicionado por tratamento posterior se necessário, para torres de resfriamento, caldeiras, água de processamento, construções civis e fins menos nobres que possam prescindir da qualidade da água potável.

Alguns processos industriais podem exigir qualidade superior à da água potável, o que deve ser objeto de estudo e negociação, como abordado posteriormente, na referência aos aspectos de venda da água processada. Por outro lado, são freqüentes os casos em que as indústrias estudam a conveniência de captar seus próprios despejos, como será abordado posteriormente ainda neste segmento e nos critérios sugeridos para a avaliação econômica do empreendimento.

A Abes — SP recomenda atenção prioritária para esta modalidade de reuso, pelas seguintes razões:

- São grandes consumidores, favorecendo a viabilidade econômica do empreendimento, por se tratar de adução para consumo localizado. Em São Paulo já foi estimado que dos 55 m³/s de água potável distribuída, cerca de 13% são consumidos pela indústria. Em 1980, estimava-se (6) que os grandes consumidores cresceriam sua demanda dos "atuais" 2,4,



para 16.8 m³/s, até o ano 2000. Grande parte do consumo dessa água de excelente qualidade poderia ser poupada, em benefício da população, se a Sabesp fornecesse o efluente de suas ETEs para este segmento do consumo.

- Em algumas situações, como no ABC paulista por exemplo, o efluente das ETEs pode se constituir em alternativa natural para o suprimento de água para as indústrias. O rio dos Meninos e o Tamanduaté têm suas vazões de tempo seco quase inteiramente formada pelo esgotos da região: tal vazão desaparecerá quando a ETE ABC da Sabesp começar a operar, pois os coletores marginais às calhas dos rios farão a interceptação dos esgotos — hoje seus tributários diretos. A Sabesp, distribuindo seu efluente tratado, estará servindo uma água de melhor e mais constante qualidade para as indústrias, do que a água (esgoto ?) hoje captada nos rios mencionados.

- Considerando a importante parcela da água potável que é consumida em todas as metrópoles brasileiras, a Abes — SP acha oportuno lembrar que desde os anos 60 o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas endossa a política (2),(5): “Nenhuma água de qualidade superior à requerida para um determinado fim deve ser utilizada, salvo se se encontrar em excesso, se o fim pretendido tolerar uma água de qualidade inferior” (“No higher quality wa-

ter, unless there is a surplus of it, should be used for a purpose that can tolerate a lower grade”).

Em 1942 (7), 4,5 m³/s do efluente secundário por lodos ativados da ETE Back River em Baltimore, U.S.A., foram clorados e aduzidos por uma tubulação de 2,44 m de diâmetro e 7,2 km de extensão, para tratamento em Sparrows Point, numa instalação exclusiva da siderurgia Bethlehem Steel Company. E em 1982 (7), uma adutora de 58 km iniciou a adução do efluente secundário da cidade de Phoenix, U.S.A., para a ETE terciária da Usina Nuclear de Palo Verde, com o propósito de uso do efluente terciário em suas torres de refrigeração.

Outra forma de reuso industrial é a praticada dentro da própria indústria, obedecendo o princípio da economicidade do recurso hídrico, pelo qual ele deve ser reutilizado o maior número de vezes que for possível, antes de ser finalmente descartado.

Nesse processo de reciclagem dentro da indústria, a água tem sua qualidade alterada, devendo ser levados em conta, dentre outros fatores como elevação da temperatura, nutrientes, pH, sólidos em suspensão, cargas orgânicas, metais pesados e tóxicos.

O reuso da água, convenientemente tratada, tem sido empregado com sucesso (2) mesmo como água de reposição para torres de refrigeração, com ciclos de evaporação-recirculação. Nestes casos, os requisitos de qualidade são severos, devido ao possível acúmulo de contaminantes durante os sucessivos ciclos de refrigeração.

As instalações de reciclo de água industrial são de iniciativa da própria indústria, cabendo ao Estado controlar a qualidade e/ou quantidade do efluente descartado.

Recreacional e/ou público — Trata-se do reuso do efluente das

ETEs, convenientemente condicionado por tratamento posterior, para a irrigação de parques, campos de esporte, rega de jardins, lagos ornamentais e/ou recreacionais, postos de serviço para lavagem de automóveis. A remoção de nutrientes é desnecessária (5) quando o reuso for voltado para a irrigação urbana, incluindo as três primeiras modalidades acima mencionadas.

Este reuso já é praticado há longa data no exterior e é recomendado pela Abes — SP.

Na Califórnia (3), o “Porter-Cologne Water Quality Control Act” de 1977, recebeu adendos que proibem o uso de água potável para irrigação de cinturões verdes, incluindo campos de golfe, cemitérios, parques e faixas de domínio de auto-estradas, nas ocasiões em que for possível realizar o reuso da água.

Doméstico — Trata-se do reuso do efluente das ETEs, convenientemente condicionado por tratamento posterior, para rega de jardins residenciais, lavagem de carros, áreas verdes de condomínios, descargas de vasos sanitários.

Como no caso anterior, trata-se de reuso já praticado habitualmente no exterior e é recomendado pela Abes — SP.

Em Cingapura, (3), o sistema não potável foi ampliado, para realizar a descarga de vasos sanitários em um conjunto de prédios residenciais de 12 andares (25.000 habitantes). O reuso para a descarga de vasos sanitários, apresenta-se mais conveniente para grandes conjuntos residenciais ou edifícios comerciais do que para residências unifamiliares.

Manutenção de vazões mínimas de cursos de água — Trata-se da utilização planejada de efluentes de ETEs para garantir vazão mínima de diluição dos esgotos, de fontes pontuais ou não, descarregadas em determinado curso receptor.

A Abes — SP recomenda que tal modalidade seja utilizada quando decorrente de planejamento competente do recurso hídrico regional.

Aquacultura — Trata-se do reuso do efluente das ETEs, convenientemente condicionado por tratamento posterior para a alimentação de reservatórios destinados à produção de peixes e plantas aquáticas objetivando a obtenção de alimentos e/ou energia da biomassa aquática.

A Abes — SP recomenda que tal modalidade seja utilizada quando demonstrada ser viável economicamente (1).

Recarga de aquíferos subterrâneos — Trata-se do reuso do efluente das ETEs, convenientemente condicionado por tratamento posterior se necessário, para suplementar o nível do aquífero ou para evitar a intrusão da cunha salina em cidades a beira-mar. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento, uma vez que o nível da água subterrânea aumenta após a recarga.

A Abes — SP recomenda tal reuso, cuja tecnologia já é disponível no exterior.

Pode ser feito por injeção pressurizada ou através do uso de água superficial, cuja vazão de base tenha sido reforçada pela recarga do aquífero alimentador. No primeiro caso (2), a água deve ser de tal qualidade que não acarrete o entupimento do poço

de injeção e/ou do aquífero no entorno do poço.

Padrões de qualidade

O reuso da água exige o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias ou poluídas, de modo a adequar seu tratamento à obtenção da qualidade que satisfaça os critérios recomendados ou os padrões que tenham sido fixados para determinado uso.

No Brasil, os centros mais avançados têm procurado acompanhar a evolução mundial da legislação neste campo. Nas décadas de 70 e 80, foram estabelecidos padrões de qualidade de acordo com essa tendência. A Portaria 13/76 da Sema e a Resolução 20/86 do Conama, em vigor, tratam dos padrões de qualidade das águas interiores e costeiras. Os padrões de potabilidade foram alvo da Portaria 56/77, sendo hoje regidos pela Portaria 36/GM do Ministério da Saúde, publicada em 19 de janeiro de 1990.

A Feema e a Cetesb colaboraram através do Cepis da Organização Panamericana de Saúde (OPS), para a elaboração de um *Manual de Avaliação e Manejo de Substâncias Tóxicas em Águas Superficiais* (1988).

Entretanto, o incremento constante da atividade industrial e as inovações tecnológicas têm introduzido um crescente número de substâncias orgânicas e inorgânicas complexas no meio ambiente. Existem mais de sete milhões de substâncias químicas registradas no Chemical Abstract Service dos Estados Unidos, das quais setenta mil são usadas corriqueiramente nos países industrializados.

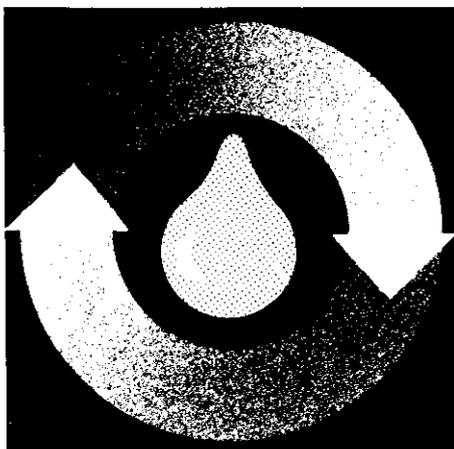
A impossibilidade de quantificar analiticamente tal número de substâncias levou entidades como a EPA, a OMS, a Comissão das Comunidades Européias e a do Rio Reno, na Alemanha, a divulgarem listas contendo poluentes denominados prioritários.

Foram assim designados por terem sido considerados os mais tóxicos, persistentes, bioacumulativos, carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos e por estarem presentes com maior frequência e concentração nos efluentes industriais. Têm também como característica comum a possibilidade de serem identificados e quantificados.

Tendo em vista a proposta de reuso da água, a Abes — SP sugere que a Ministério da Saúde desenvolva uma lista de contaminantes prioritários que seja adequada ao objetivo do programa e à nossa realidade. Esta lista levaria em conta as limitações analíticas no Brasil, os escassos recursos econômicos e humanos dedicados a esta área e as condições de uso e ocupação do solo dentro da bacia hidrográfica, alvo do programa de reuso da água. Seria imprescindível a atualização dos padrões de qualidade de forma a acompanhar a evolução do parque industrial e os novos estudos epidemiológicos e toxicológicos.

Não é demais enfatizar que o grau de atendimento à legislação depende fundamentalmente da capacitação tecnológica dos laboratórios, da confiabilidade e da repetitividade dos dados das análises realizadas. Ao mesmo tempo devem ser implantadas metodologias para estudos epidemiológicos e toxicológicos, de tal forma que a avaliação dos riscos do empreendimento reuso da água possa ser confiável, atual e continuamente realizada.

Embora de forma dispersa, informações sobre a qualidade da água para o reuso podem ser encontradas com relativa abundância na literatura especializada. Neste documento, a Abes — SP considera pertinente referenciar estas fontes para facilitar uma pesquisa objetiva orientada pelo interesse do leitor. As referências citadas a seguir complementam as mencionadas em cada tópico de "Conceitos e Definições", na parte inicial deste documento, e as lembradas em "Tratamento", em item posterior.

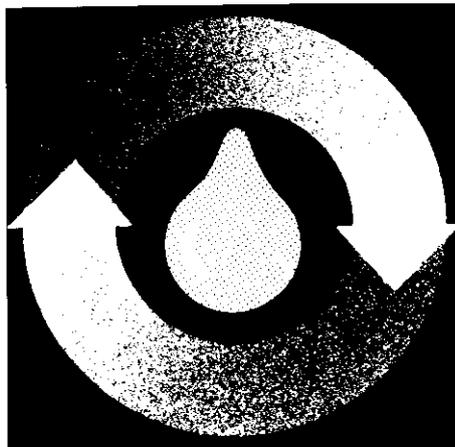


Para o reuso potável a Abes — SP restringe suas observações ao reuso potável indireto, o único hoje recomendável, como enfatizado anteriormente. Para esta modalidade de reuso a Abes — SP adota a posição da Organização Mundial de Saúde (9) que recomenda a adoção dos padrões de potabilidade de cada país. No caso do Brasil, a já mencionada Portaria 36 do Ministério da Saúde.

Para o reuso não potável agrícola, o trabalho de Crook, J. (10), apresenta os limites para coliformes utilizado na Califórnia, conforme a cultura e o método de aplicação; compara com os recomendados pela OMS para os países em desenvolvimento; sugere diretrizes para interpretação da qualidade da água conforme o solo e a cultura; recomenda os limites de elementos-traço para uso a longo e curto prazos. Weber, M.D. *et alii* (11), consideram os metais pesados nos solos e nas plantas. Amaral, R. (12), apresenta as concentrações máximas de elementos tóxicos, para proteção ao solo - plantas - animais - homem. Blumenthal, U.J. *et alii* (13) publicaram em 1989 um modelo para avaliação dos riscos à saúde humana com base em uma definição epidemiológica do risco no reuso da água. O trabalho aborda o tratamento da água residuária, culturas seletivas para aplicação do efluente tratado, métodos de aplicação e controle da exposição humana ao efluente. O modelo abrangente do reuso em agricultura e em aquicultura e a apresentação traz estudos de caso em seis países diferentes.

Para o reuso não potável recreacional, seja o primário (imersão corporal prolongada, como na natação), seja o secundário (contato acidental ou transitório com a água, como na pescaria ou passeios de barco), Culp, g *et alii* (14), publicaram tabelas com os limites toleráveis para cada parâmetro.

Para o reuso não potável industrial, nove classes (3) de processos in-



dustriais foram relacionadas com suas respectivas exigências de qualidade, em ordem crescente das exigências, pelo Federal Office of Water Research and Technology, em 1979: produção primária de metal, petróleo e produtos de carvão, curtumes, serrarias, indústrias têxteis, indústrias químicas, indústrias de polpa e papel, alimentos enlatados, refrigerantes. A Abes — SP faz restrições ao uso no Brasil dos dois últimos. Devem ser ainda enfatizados os aspectos de saúde pública na distribuição do efluente tratado para o reuso, cuja qualidade deve ser tal que não ofereça riscos à ingestão ocasional da água sendo distribuída (Okun, D.A. (15), Dean, R.B. (16), OMS (9).

Para o reuso não potável doméstico, valem as observações do caso anterior quanto às cautelas para preservação da saúde pública, complementadas com os critérios de projeto e construção de sistemas duplos de distribuição, objeto de enfoque específico em item posterior.

Para o reuso não potável em recarga de aquíferos subterrâneos, os padrões de qualidade são mais restritivos se se trata de recarga pressurizada, valendo nestes casos os parâmetros da Portaria 36 do Ministério da Saúde. Quando a recarga for feita por infiltração no solo do efluente tratado, Culp, b *et alii* (14), recomendam padrões menos restritivos.

Para o reuso não potável em Aquicultura, podem ser consultados

os parâmetros recomendados por Blumenthal, U.J. *et alii* (13) e Culp, g *et alii* (14).

Tecnologia do reuso no tratamento

O planejamento de instalações que deverão servir consumidores de água não potável, se a ETE secundária ainda não existir, tem enfoque distinto do habitual para a localização das ETEs convencionais (7):

■ A localização da instalação é influenciada pela localização da área de mercado potencial para a água não potável.

■ O lodo resultante do tratamento não precisa necessariamente ser tratado na ETE terciária, podendo retornar ao emissário para ser tratado e disposto em outra instalação.

■ O esgoto captado para tratamento deve ser o necessário para atendimento da demanda do reuso, o excedente devendo prosseguir pelo emissário para tratamento em outra ETE.

■ O produto final é vendável, sendo importante a manutenção da quantidade e qualidade oferecida aos consumidores. Desta forma devem ser previstas linhas de tratamento paralelas, fontes de energia de reserva, monitoramento contínuo da turbidez e do residual de cloro na saída e na ponta do consumo.

Muitas destas recomendações são pertinentes quando se tenciona a implantar o terciário em uma ETE existente.

Também podem ser considerados processos físico-químicos para o tratamento de efluentes no planejamento de instalações novas dedicadas ao reuso. Os efluentes destas instalações podem passar por operações unitárias como por exemplo a precipitação com cal em pH elevado (efeito bac-

tericida), a carbonatação e a flotação, concentrando o fósforo (remoção de nutriente) no lodo do tratamento. Seria assim, em alguns casos, evitada a seqüência "ETE-ETA", uma vez que tais instalações poderiam produzir água de qualidade satisfatória para o reuso.

Em 1989, a Organização Mundial da Saúde patrocinou a vinda a São Paulo de consultores no reuso da água(4). A Sabesp havia montado uma pequena instalação experimental que recebia o efluente da ETE Barueri em São Paulo, seguindo os passos de uma ETA convencional. A água de boa qualidade obtida desta instalação possibilitou aos consultores tecer considerações objetivas sobre a conveniência de implantar um programa de reuso da água em São Paulo, precedido pelos testes em escala de laboratório e campo que foram recomendados.

O escritório de Brasília da Organização Panamericana de Saúde prestou apoio durante a visita dos consultores à Sabesp e ofereceu indicações sobre a viabilidade de financiamento, após concluído o projeto. Tal postura reflete a expectativa dessa entidade sobre o acerto de planejar o reuso da água, uma posição que é endossada pela Abes — SP, que considera válida a menção desta iniciativa neste texto como forma de incentivar ações semelhantes em outras ETE brasileiras, ora em operação.

A maioria dos reusos da água recomendados pela Abes — SP, todos para fins não potáveis, podem ser atendidos pelo tratamento típico das ETAs convencionais aplicados ao efluente secundário das ETEs, com a provável exclusão da sedimentação, que normalmente não é feita no tratamento terciário, e a possível inclusão da ozonização.

Constituem casos a parte os reusos para fins industriais, cujas exigências de qualidade podem, em alguns casos, superar aquelas requeridas para o uso potável.

A operação e o monitoramento de uma estação piloto são indispensáveis à fixação dos parâmetros de projeto do tratamento terciário para fins não potáveis, em escala real.

Precedendo ao projeto da instalação piloto devem ser feitos estudos em escala de laboratório para determinar o produto químico mais eficiente (coagulantes e polímeros), as dosagens ótimas e os tempos de contato que deverão ser usados na partida da instalação piloto, o que pode ser feito usando os procedimentos padrão de *jar-test*.

O objetivo principal da instalação piloto é o de ajustar a informação obtida na escala de laboratório, referente à dosagem de produtos químicos, e o de determinar o processo específico de tratamento requerido e as técnicas operacionais necessárias, para produção de uma água adequada às finalidades de reuso.

O local da instalação piloto deve ser isolado da ETE, para permitir fácil acesso aos visitantes — inclusive potenciais interessados em contratar o fornecimento futuro da água. Os visitantes devem perceber a instalação como algo de natureza diferente da ETE, providenciando-se a *atividade que se espera encontrar numa ETA*.

O projeto e a operação de uma instalação piloto requer conhecimento e experiência. Estudantes universitários qualificados, orientados por um pro-

fessor experiente, podem acompanhar os estágios da operação e pesquisa inerentes ao projeto.

Entidades ambientalistas e organizações públicas e privadas afins ao reuso da água devem ser informadas do programa e convidadas a participar de debates e programas educacionais sobre o tema.

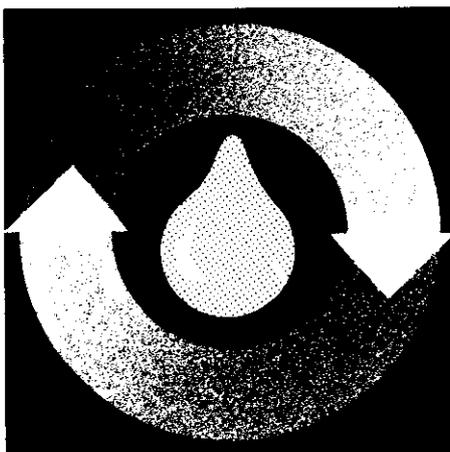
Os parâmetros críticos que devem ser monitorados, no mínimo diariamente, na ETE fornecedora do afluente à instalação piloto, são a DBO, os SS e os inorgânicos específicos ou constituintes orgânicos cuja presença tenha sido constatada e que possam afetar o reuso planejado.

A linha de tratamento e os padrões de qualidade adotados na Califórnia e em outros locais, e que tem garantido um efluente de qualidade adequada para fins não potáveis, consiste em (4):

- Tratamento biológico convencional em nível secundário.
- Coagulação química e floculação, sem decantação.
- Filtração convencional com areia, antracito, ou dupla camada filtrante.
- Turbidez < 2 NTU após a filtração.
- Desinfecção com cloro.
- Cloro residual combinado de 2-5mg/l na saída da instalação.
- Tempo de contato na câmara de cloração de 60-120 minutos, com o produto concentração residual de cloro (mg/l) multiplicado pelo tempo de contato (minutos), igual a 240.
- Coliformes totais < 22 / 100 ml.

Em St. Petersburg (8), a contagem de coliformes é indicadora da qualidade da água na saída dos tanques de cloração das 3 ETE que promovem o reuso.

Quando se compara a contagem de coliformes destas ETEs, de 1983 a 1986, com os níveis exigidos para a captação de água bruta superficial



para fins de abastecimento, nota-se que o efluente terciário possui *níveis de coliformes fecais inferiores* aos exigidos para as águas classe I, II e III.

A classificação padrão é a de 1983 (Water Quality Standards, Florida Department of Environmental Regulation) e as águas de classe III são para recreação — *inclusive contato corporal total* — e para saudável manutenção da vida dos peixes e plantas aquáticas.

Na distribuição

Um dos maiores sistemas duplos de distribuição de água do mundo (4) encontra-se em St. Petersburg, Flórida, onde cerca de 1m³/s de água para fins não potáveis é usado principalmente para irrigação de parques, campos de golfe, cinturões verdes propriedades comerciais e residenciais.

A substituição do consumo da água potável para estes fins permitir estabilizar a demanda por água potável na década 1978-88(4) apesar do crescimento populacional da cidade.

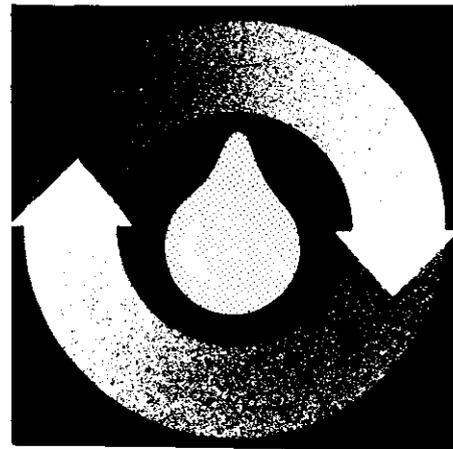
O maior potencial de consumo da água não potável em São Paulo, situa-se a oeste da Região Metropolitana, porque (4) os custos de instalação do sistema distribuidor diferenciado são menores nos estágios iniciais de urbanização. Como segundo maior potencial de serviço, o abastecimento dos atuais grandes consumidores de água potável, como indústrias de papel e químicas, cujos usos não requeiram a potabilidade da água consumida. Em 1989, a Sabesp fez realizar um estudo sobre a viabilidade técnica, econômica e financeira da reutilização dos efluentes de suas ETE por indústrias da RMSP, tendo sido recomendados como viáveis dois polos industriais.

A Abes — SP recomenda que a construção e a operação dos sistemas duplos de distribuição, para água potável e não potável, se façam com a

adaptação das normas que vêm sendo empregadas no exterior. A necessidade de adaptação torna-se aparente no exame da prática norte-americana, referenciada a seguir (2).

Observa-se que são concordantes ou diferem de um estado americano para o outro. As seguidas na Califórnia (Irvine Ranch) e na Flórida (St. Petersburg) regem que:

- A rede distribuidora de água não potável seja delimitada para servir determinada área onde este consumo tenha sido aprovado.
- Sejam obedecidas as distâncias mínimas tabela das que devem separar o assentamento das tubulações dos dois sistemas. O exame da tabela da norma mostra que as distâncias recomendadas são função do regime de escoamento (pressurizado ou não) em ambas linhas, da posição relativa das tubulações nos dois sistemas em planta (paralelo ou perpendicular) e em perfil (para o reuso por tubulação acima ou abaixo da tubulação de água potável). Em função destas características do projeto, é então especificada a classe da tubulação, cuja instalação se torna permitida.
- Em Irvine Ranch, o cruzamento dos sistemas obedece as mesmas normas seguidas para o cruzamento ou assentamento próximo das redes de água potável-esgoto. Adotam ainda tubos de material especial nestes locais.
- Todas as válvulas de saída são marcadas (na Califórnia pela cor; na Flórida, as caixas são de forma diferente e têm inscrição gravada) caracterizando a água não potável. As tubulações são diferenciadas por cores ou por rótulos em fitas de vinil adesivas, fixadas a cada dois metros ao longo do tubo, com a inscrição "esgoto tratado". A execução das juntas é normalizada de forma distinta para os dois casos. Em St. Petersburg estudou-se a adoção de tubulações de PVC com cor especial, para a água não potável.



- Os hidrômetros para o sistema não potável são de marca diferente dos utilizados para a água potável e são guardados em almoxarifados distintos, junto com suas peças de reposição. Em St. Petersburg são marrons e trazem uma faixa amarela, diferenciando-se dos de água potável (cor prateada).
- Os aspersores de irrigação com água não potável e os registros de parada ou de saída têm cabeças de tipo que impede a operação por pessoal não autorizado. O uso de mangueiras é proibido para a água não potável, sendo evitado pela falta da conexão para engate no sistema distribuidor.
- O pessoal recebe treinamento e possui manuais específicos para a operação do sistema.

ASPECTOS ECONÔMICOS

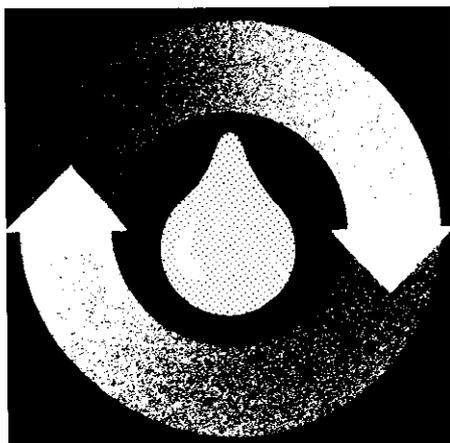
A análise econômica de um projeto de reuso de água, especialmente a voltada para o parque industrial, está fortemente condicionada pelas circunstâncias de cada caso particular, não se prestando a generalizações.

A prática do reuso tem como conseqüência a redução parcial ou total da quantidade de água retirada do recurso hídrico, ao qual retorna após ser usada. Estas reduções representam valores que devem ser considerados nas análises econômicas respectivas, tornando imprescindível a avaliação

dos custos em cada caso, com e sem o reuso, para fins de comparação.

Para comparação dos custos envolvidos na operação, com e sem o reuso, a Abes — SP sugere a avaliação dos itens a seguir discriminados, não como norma rígida e insubstituível, mas como um elenco de sugestões que visam auxiliar a sistematização da análise econômica que for feita.

- Custos de capital e de operação das instalações para tratamento das águas residuárias no grau requerido à obtenção da qualidade necessária a um determinado fim, seja este o reuso ou a disposição final.
- Custos de capital e de operação para dar destino adequado aos subprodutos dos processos de tratamento.
- Custos de capital e de operação para as instalações de condução das águas residuárias, desde os pontos de geração até o local de tratamento para disposição final ou reuso.
- Custos de capital e de operação para autoprodução de água com a qualidade requerida pelo uso a que se destina, potável, industrial ou outros.
- Custos de capital ou de operação da instalação necessária para assegurar um certo grau de confiabilidade ao sistema, como os requeridos por reservatórios de amortecimento, de regularização de vazões, de reservatórios para emergências, unidades de reserva etc.



• Custos relativos à compra de água produzida por terceiros, abrangendo taxas e tarifas, dentre outros.

• Custos operacionais relativos a atividades e despesas normalmente inerentes à comunicação social, relações públicas, atendimento de exigências burocráticas dentre outros impostos pela legislação de proteção sanitária e ambiental.

• Custos decorrentes de reservas financeiras como ativos imobilizados e seguros, requeridos para enfrentar despesas eventualmente necessárias para restaurar a qualidade da água a jusante da descarga de efluentes, ou para indenizar prejuízos que tenham ocorrido e onerado usuários de jusante.

A análise econômica acima sugerida é mais adequada aos casos de reuso em que o usuário restitui seu fluxo residuário após tratamento ao mesmo corpo d'água que irá utilizar como manancial sendo a descarga feita a montante da tomada d'água para abastecimento.

Quando a captação for feita a jusante da descarga do primeiro usuário por outro usuário, este último pode realizar a análise econômica da forma convencional, ou seja, poderá comparar esta alternativa de captação com a de aduzir água de outra coleção hídrica mais protegida ou menos poluída.

As considerações cabíveis para o cotejo econômico de alternativas de captação para o reuso industrial podem seguir em linhas gerais a seqüência de estudos acima discriminada, sem entretanto perder de vista a especificidade do uso, em alguns casos mais restritivos do que para os outros fins já discriminados.

Por outro lado, do ponto de vista da entidade fornecedora do efluente tratado para fins industriais, o primeiro passo recomendável (4) é a realização de um levantamento dos grandes consumidores atuais e potenciais na

área de influência das ETEs, para orientar o planejamento do reuso da água regional.

Requisitos necessários e que às vezes não constam nos levantamentos existentes, são os quesitos de qualidade da água requerida pelo industrial, as variações diurnas e sazonais na demanda e a pressão de serviço requerida pela indústria.

A empresa responsável pelos serviços de água e esgoto pode negociar com as indústrias os custos adicionais necessários para atendimento dos padrões de qualidade requeridos. Se apenas uma indústria numa determinada região possuir necessidades especiais de qualidade, torna-se mais econômico, para esta indústria, arcar com os custos de seu próprio tratamento adicional(4).

A tarifa para reuso da água deveria ser menor do que a hoje cobrada pela água potável (como é usual em outros países), o que seria um incentivo ao seu consumo. Em Irvine Ranch, na Califórnia, o reuso da água possui uma tarifa que é igual a 85% da tarifa cobrada pela água potável.

Ações recomendadas pela ABES-SP a médio e a longo prazos

Evidentemente, as idéias apresentadas não têm a pretensão de esgotar o tema. Visam estimular a criação de uma mentalidade que utilize o reuso da água como alternativa de planejamento ambiental. A Abes — SP finaliza apresentando as seguintes recomendações, que objetivam facilitar a implantação de um programa de reuso:

■ Criação de um grupo de trabalho interinstitucional para implantação de diretrizes que levem a estudos sobre o reuso da água, observando o enfoque de uso múltiplo dos recursos hídricos.

■ Criação de um programa de monitoramento de qualidade da água que subsidie o grupo.

■ Desenvolvimento de modelos de acompanhamento da qualidade das águas de superfície que sejam utilizadas por várias comunidades, como fonte de água bruta para abastecimento público, como no caso do rio Paraíba do Sul.

■ Desenvolvimento de padrões de qualidade da água atendendo simultaneamente os requisitos ambientais e o pretendido reuso.

■ Criação de programas de reciclagem da água em indústrias e em estações de tratamento de água, visando à minimização das descargas nos cursos receptores.

■ Estudo e desenvolvimento dos chamados sistemas duplos de distribuição, para utilização no reuso não potável industrial.

■ Criação de núcleos de pesquisa para o desenvolvimento de processos avançados de tratamento de esgotos.

■ Desenvolvimento e implantação de programas de adequação de mão-de-obra de tratamento de esgotos.

■ Criação de disciplina específica sobre reuso de água nos programas de pós-graduação das universidades.

■ Informar a sociedade da existência das diversas formas de reuso potável indireto não-planejado já existentes, como forma de enfatizar as vantagens de planejar o reuso potável indireto.

Referências

(1) — Mancuso, P.C.S (1990), Reuso de Água, 1-16, Seminário sobre Proteção do Meio Ambiente, Santiago do Chile-SABESP

(2) — Camp Dresser & McKee Inc., (1980), Guidelines for Water Reuse, 1-106, — Arquivo E.T.A — SABESP.

(3) — Santos, H.F., Reuso da Água Para Fins Não Potáveis. Seu Lugar no Gerenciamento dos Recursos Hídricos (1991) — Revista DAE, n° 160, 15-19, tradução do *Journal WPCF*, May, 1987, 237-241, "The Place of Nonpotable Reuse in Water Management", James Crook, Daniel A. Okun.

(4) — Okun, D. A. Crook, J. (1989), Water Reclamation and Reuse in São Paulo, Brazil, relatório preparado para a Organização Panamericana de Saúde, 1-29, SABESP — E.T.A — E.T.

(5) — Awwa manual M24 (1983), Denver, Colorado, 1-56, Sabesp E.T.A — E.T.

(6) — Levy L, Plonsky, G.A. (1981), Viabilização do Abastecimento de Água Mediante o Atendimento do Mercado de Grandes Consumidores, *Revista DAE*, n° 126, 231-238

(7) — Okun, D.A. (1990), Water Reuse in Developing Countries, *Water and Wastewater International*, 5-1, 13-21

(8) — St. Peterburg Public Utilities Department, Florida (1987), Urban Water Reuse in the

City of St. Petersburg— Water Quality and Public Health Considerations — 1-16, SABESP - E.T.A. — E.T.

(9) — World Health Organization (1973), Reuse of Effluents, Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards of a WHO Meeting of Experts, *Technical Reports Series Nb. 517* — Genebra.

(10) — Crook, J. (1991), Quality Criteria for Reclaimed Water, *Wat. Sci. Tech. Vol. 24, No. 9*, pp. 109-121

(11) — Weber, M.D. et alli (1984) apud Environmental Protection Programs Directorate. Minister of Supply and Services-Canada, Manual for Land Application of Treated Municipal Wastewater and Sludge, Ontario, Canada, pp. 1-216

(12) — Amaral, R. (1979) apud Environment Canada, Water Quality Sourcebook, Canada

(13) — Blumenthal, U.J., Strauss, M., Mara, D.D. Cairncross. S. (1989) Generalized Model of the Effect of Different Control Measures in Reducing Health Risks from Waste Reuse, *Water and Science Technology, vol. 21. Brighton*, pp 567-577

(14) — Culp, G. et alli (1980) Wastewater Reuse and Recycling Technology, *New Jersey, Noyes Data Corporation.*

(15) — Okun, D.A. (1975), A Potential for Water Reuse — Dual Supplies, *AWWA Seminar on Reuse, Proceedings, Minneapolis, Minnesota.*

(16) — Dean, R.B., Lund, E. (1981), Water Reuse Problems and Solutions, New York, Academic Press, pp. 1-263

