

REFORMA E AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SANTO AMARO (SÃO PAULO)

Químico **ÁLVARO CUNHA**

Ex-Diretor da Divisão de Tratamento de Águas e Esgotos

Em 1927 houve necessidade de ser rapidamente aumentado o volume de água distribuída na cidade de São Paulo, cuja população sempre crescente se defrontava com a exiguidade do precioso líquido. A impossibilidade da conclusão, em curto prazo, das obras para a adução das águas do Rio Claro, adução essa considerada, na ocasião, capaz de resolver o problema do abastecimento de água da Capital, levou o Governo do Estado a executar a adução das águas da Represa do Guarapiranga.

Formado pelo represamento do rio Guarapiranga, esse reservatório, com capacidade para armazenar 196.000.000 de metros cúbicos de água, destinava-se à regularização da vazão do rio Tietê, no qual a Light and Power possuía usinas hidroelétricas.

Suas águas são coloridas, de baixa turbidez e sujeitas a relativamente fracas variações de composição no decorrer do ano devido à função estabilizadora desempenhada pelo grande lago artificial.

A fraca densidade de população na bacia hidrográfica do rio Guarapiranga e praticabilidade de medidas protetoras adequadas assegurariam condições favoráveis para as suas águas.

Sua descarga permitia não só a adução que se pretendia executar, como aduções futuras capazes de atender a maiores exigências decorrentes do crescimento da cidade. A pequena distância entre o local de tomada d'água e o centro consumidor — pouco mais de 12 quilômetros — permitia a execução das obras em prazo relativamente curto.

As condições técnicas, o custo relativamente baixo e, em especial, a rapidez com que as obras poderiam ser execu-

tadas, falavam em favor da adução das águas da Represa do Guarapiranga.

Em março de 1928 foram iniciadas as obras de adução de 1 m³ por segundo, ou sejam 86.400 m³ por dia. Em março de 1929 estavam elas concluídas.

Nessa época, contava São Paulo, para o seu abastecimento, com 170.400 m³ de água nas condições mais favoráveis, volume esse sujeito a fortes reduções nas estiagens.

Grande parte dos materiais necessários à nova adução deveriam ser importados do estrangeiro. Entre estes estavam os equipamentos de uma estação de tratamento. A urgência na execução das obras levou a Comissão de Saneamento da Capital, a cujo cargo estavam as obras de reforço do abastecimento de água, a adquirir tais materiais de países cujos fornecedores oferecessem menor prazo para sua entrega. Por essa razão o projeto e o equipamento para a estação de tratamento, a cujas características nos referiremos mais adiante, foram fornecidos pela firma alemã, H. Reisert.

Posteriormente, concluídas as obras de adução do Rio Claro e construída a barragem regularizadora da vazão do Cotia, o volume de água distribuído à população foi elevado a cerca de 420.000 m³ diários. Entretanto, com o rápido crescimento da cidade, cuja população dobrou no período de dez anos contados a partir do início da segunda guerra mundial, aquele volume tornou-se logo insuficiente. A Repartição de Águas e Esgotos, para atender às necessidades da Capital, estudou um vasto plano de reforço de abastecimento, prevendo a adução das águas do Guara-

piranga até o máximo de 11 metros cúbicos por segundo, ou sejam 950.000 m³ diários. Esse plano foi iniciado com uma primeira etapa de 3 m³ por segundo (259.000 m³ diários), com todos os projetos — tomada d'água, estações de recalque, adutoras, estação de tratamento — delimitados para etapas futuras a serem executadas de acôrdo com as exigências da cidade, até ser atingido o máximo previsto.

As dificuldades de importação de materiais estrangeiros durante e após a guerra criaram os mais sérios embaraços e conseqüente retardamento na execução do plano. Estava a R.A.E. com suas obras de captação, recalque e adução bastante adiantadas, ao passo que, concluídas essas, não seria possível o início da adução devido ao atraso na construção da estação de tratamento, cujas obras estavam ainda na sua fase inicial e cujo equipamento de procedência norte americana estava ainda na fase de fabricação no país de origem.

O crescente número de novas edificações e o aumento contínuo da população, aliados à carência de chuvas e a deficiências no fornecimento de energia elétrica, de dia para dia tornavam mais crucial o problema de escassez de água, fazendo-se necessária uma providência capaz de antecipar o reforço vindo do Guarapiranga, cujas obras, em vias de conclusão, estavam na dependência da estação de tratamento, apenas iniciada e com o recebimento do seu equipamento sujeito ainda às dificuldades que envolvem a importação.

Tendo o autor destas linhas, tempos antes, concebido e estudado um plano para duplicar a capacidade da antiga estação de tratamento dotada de filtros Reisert, em prazo relativamente curto e com gastos reduzidos, apresentou-o aos Srs. Diretor da R.A.E. e Secretário da Viação, os quais o aprovaram e autorizaram as providências para sua imediata execução.

Consistia o plano em: modificação nos filtros Reisert de modo a obter o dobro da capacidade de filtração, isto é, 172.00 m³ diários, em vez de 86.400 m³, com a mesma área filtrante, aproveitando-se quasi tôda sua estrutura de concreto armado, substituindo-se seu equipamento metálico, sistema de drenos, material filtrante, modificando-se o sistema de lavagem e incluindo-se a

superficial; construção de misturadores e floculadores; modificação na entrada e saída da água nos decantadores a fim de aumentar a sua eficiência e assegurar um funcionamento satisfatório com um periodo de decantação correspondente à metade do então adotado; e adaptação do equipamento da Casa de Química para o tratamento do dobro do volume de água.

Ampliada a capacidade da estação, seria ela ligada às linhas de recalque do Guarapiranga destinadas a alimentação da nova estação de tratamento e a uma das linhas de gravidade destinadas a conduzir a água tratada para a cidade. Essas ligações são de curta extensão, visto as referidas linhas — gravidade e recalque — passarem próximas da antiga Estação.

Para a execução das obras e elaboração do projeto em seus detalhes foi constituída uma comissão composta do autor e dos engenheiros José Martiniano de Azevedo Netto e Arthur Rodrigues da Rosa Junior. Para a condução das obras foi adido à comissão referida, o eng. Walter Engracia de Oliveira, o qual, tendo sido nomeado para exercer as funções de Prefeito Sanitário da Estância de Atibáia, pouco tempo depois de iniciadas as atividades da Comissão, foi substituído provisoriamente pelo eng. Reynaldo Costa de Abreu Sodré e finalmente pelo eng. Sauro José Bartolomei. Este último, integrando-se a fundo na solução do problema, prestou uma colaboração das mais valiosas, quer pela dedicada e eficiente condução das obras, quer pela sua contribuição na elaboração do projeto.

As modificações da antiga Estação Reisert com o objetivo de duplicar-lhe a capacidade de produção e a cujas características principais nos referimos a seguir, possibilitou, também a correção de defeitos e deficiências que se faziam sentir desde o início do seu funcionamento.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO REISERT

Assim vamos chamar a antiga estação de tratamento de Santo Amaro, pelo fato do projeto, do equipamento e sua montagem terem sido fornecidos pela firma H. Reisert, da Alemanha, exceção feita do equipamento para cloração que foi adquirido nos Estados Unidos, da firma Wallace & Tiernan.

PARTES COMPONENTES DA ESTAÇÃO

Como as águas do Guarapiranga são submetidas ao tratamento de clarificação com o emprêgo de sulfato de alumínio e cal e desinfecção pelo cloro, a estação foi prevista com as seguintes partes componentes:

- Casa de Química
- Canais de Misturas
- Decantadores
- Filtros Rápidos de Areia
- Aparelhos Cloradores.

O laboratório de controle, não previsto no projeto Reisert, foi construído separadamente, assim como o depósito para sulfato, cal e outros materiais.

DISPOSIÇÃO

A disposição dada à Estação se caracteriza pela dispersão, como se verifica pela figura. A Casa de Química, Filtros, Laboratório, Depósito, ficaram distanciados uns dos outros, dificultando a supervisão e onerando a operação.

CASA DE QUÍMICA

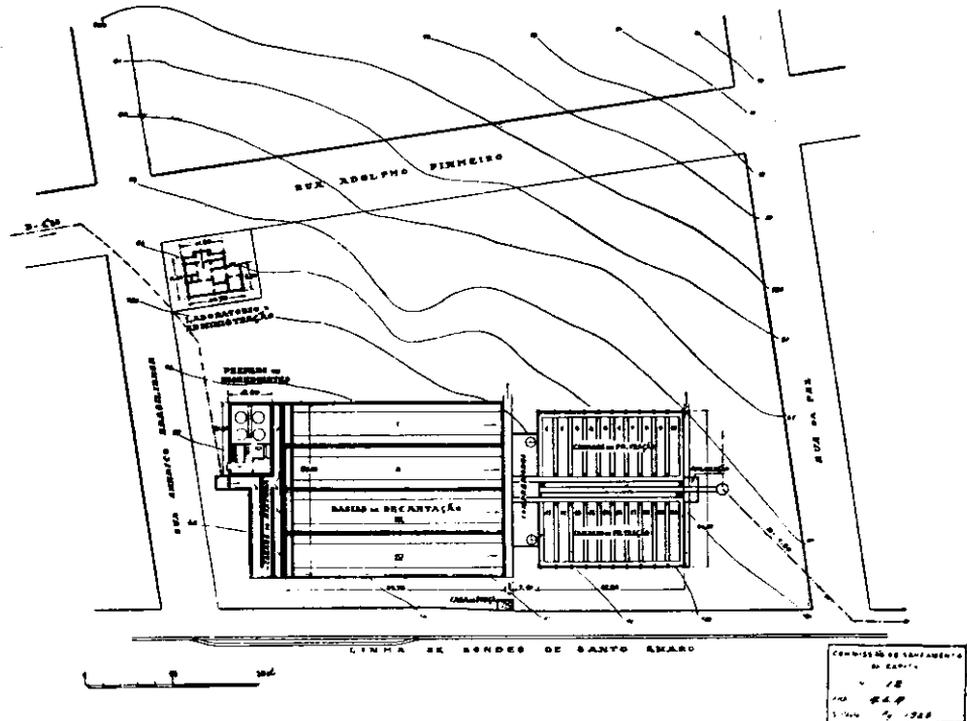
A Casa de Química era destinada somente ao preparo, dosagem e aplicação do sulfato de alumínio e da cal.

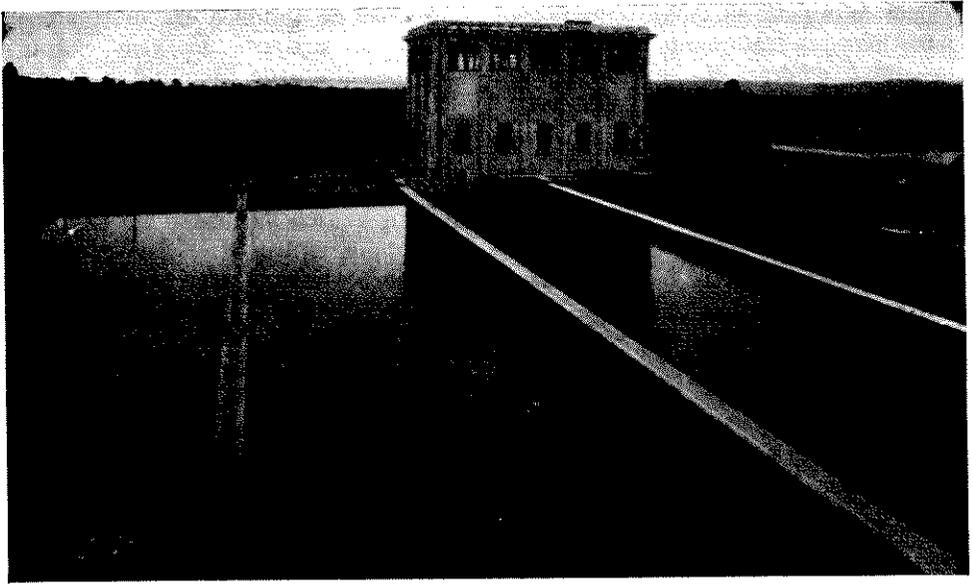
Para o sulfato de alumínio dispõe-se de quatro tanques de madeira (dornas) de 10.000 litros de capacidade cada uma. Um deles é destinado à dissolução do sulfato e está localizado no pavimento térreo; os outros três estão localizados no pavimento imediatamente superior. A solução, a 5% de concentração, preparada no primeiro dos tanques, é recalçada por bomba de chumbo endurecido para os três outros que alimentam o dispositivo de dosagem constituído de caixa de nível constante e torneiras de vazão regulável. A mesma bomba de chumbo endurecido é utilizada para recircular a solução no primeiro dos tanques até completar a dissolução das pedras de sulfato. Essa bomba sempre esteve sujeita a reparos e substituições frequentes, devido ao desgaste do seu rotor e carcassa pelas substâncias insolúveis contidas no sulfato de alumínio.

**COMISSÃO DE SANEAMENTO DA CAPITAL
ABASTECIMENTO D'ÁGUA**

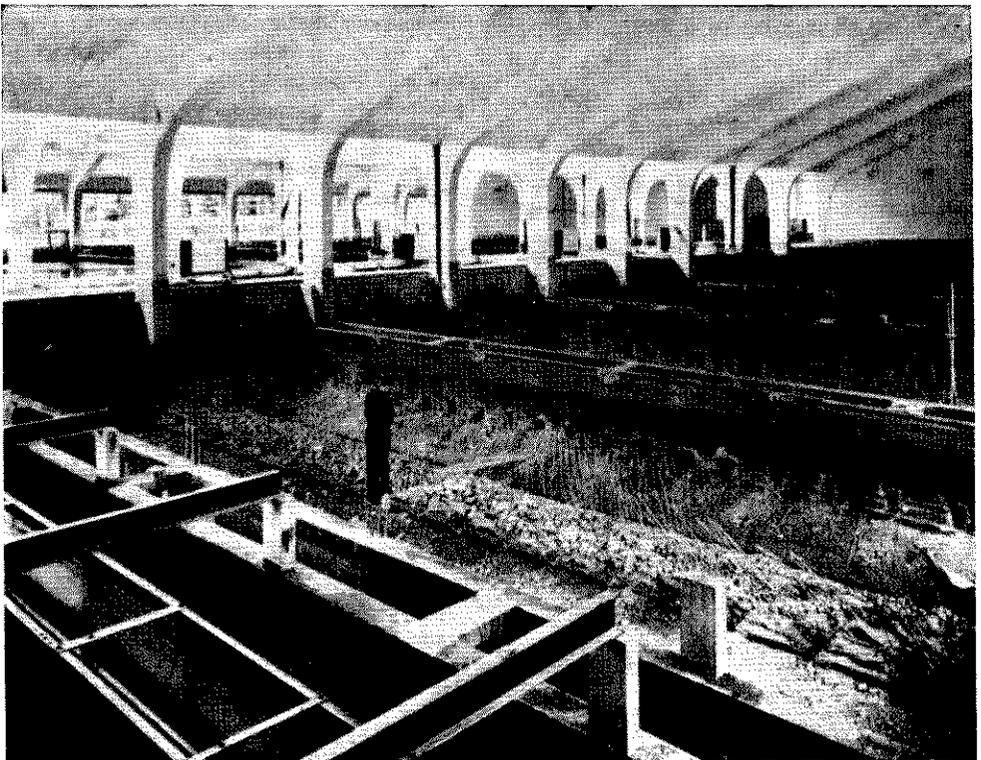
**ADUÇÃO DE ÁGUA DE SANTO AMARO
PLANTA GERAL DA INSTALAÇÃO DE TRATAMENTO**

1:10000 SEGUNDO





Vista geral da instalação mostrando os decantadores e a Casa de Quimica



Aspecto dos trabalhos de demolição dos antigos filtros "Reisert"

A cal é aplicada sob forma de água de cal saturada. A cal viva, forma sob a qual é adquirida, é extinta no extintor localizado no pavimento térreo; em seguida é descarregada para um tanque enterrado onde é diluída suficientemente para ser recalçada para depósitos existentes sobre os saturadores.

A transformação da cal em água de cal saturada é feita em três saturadores — cones invertidos de 9 m. de altura e 4,50 de diâmetro — com capacidade, cada um, para fornecer 300 litros de água de cal por minuto. Sobre cada saturador há uma caixa d'água de nível constante, alimentada por bombas, com registro de descarga graduado. Essas caixas d'água alimentam continuamente os saturadores em serviço, regulando-se a quantidade de água de cal desejada pela quantidade de água admitida dessas caixas. Dois saturadores estão normalmente em serviço, enquanto um terceiro está em carga. As cargas são feitas com relativa rapidez e com quantidades de cal para cerca de 24 horas de funcionamento.

A água do Guarapiranga flocula em pH relativamente baixo, isto é, por volta de 5,7, fazendo-se necessária a correção depois do tratamento, para elevar o pH da água filtrada a 8,5. Essa correção, não prevista no projeto Reiser, foi aplicada logo depois da Estação ter sido posta em funcionamento, em 1929. Assim a água de cal é aplicada em dois pontos: nos canais de mistura para auxiliar a floclação e no canal de água filtrada para elevar o pH desta.

CANAIS DE MISTURA

A mistura, após a aplicação do sulfato e da cal, se processava num canal com dois trechos em chicana horizontal, com um comprimento de pouco mais de 50 m., com 3 m. de largura, 1,80 m. de profundidade e 1,50 m. de lâmina d'água. A velocidade da água no canal era de 0,22 m. por segundo e o tempo de mistura igual a 4 minutos.

Pela inexistência de uma mistura rápida inicial e por insuficiência dos canais para proporcionar tempo e condições de agitação satisfatórias, a água, ao passar para os decantadores, encontrava-se com os flocos apenas em início de formação. A alimentação de cada decantador era feita por duas comportas. Ha-

vendo uma diferença de cerca de 0,35 m. entre o nível d'água nos canais de mistura e o nível nos decantadores, resultava a formação de um salto na passagem da água por essas comportas.

Nessas condições, a floclação ia se processar, na verdade, dentro dos decantadores, podendo-se, pois, dar a esses a designação antiga de "bacias de coagulação".

DECANTAÇÃO

A Estação dispõe de quatro decantadores com 61,70 m. de comprimento útil, 12,30 m. de largura e 4,25 m. de profundidade média. Uma cortina de concreto armado, afastada... 2,00 m. da extremidade de entrada d'água e interrompida a cerca de 1,00 m. do fundo, levava a água a entrar no decantador junto ao fundo. A saída da água decantada é por extravasão.

O período de decantação era de 4 horas; a taxa de escoamento superficial era de 29 m³/m² dia; a vasão por metro linear de vertedouro, na saída, era de 0,022 m³/segundo.

De um canal que recebe a água dos quatro decantadores saem dois canais abertos que vão alimentar duas alas de filtros. A diferença entre o nível d'água nos canais de alimentação dos filtros e o nível nos decantadores era de 0,30 m.

FILTRAÇÃO

A filtração era feita através de 20 filtros rápidos de gravidade, da patente Reiser, construídos em concreto armado e com equipamento mecânico importado da Alemanha. Esses 20 filtros foram divididos em duas alas de 10 unidades cada uma, tendo ao centro o corredor de manobras. As características desses filtros afastam-se bastante das dos filtros rápidos convencionais. A seguir nos referiremos em suas características principais.

Área filtrante — A área filtrante de cada filtro era de 54 m² em números redondos, medindo cada unidade 18 m. de comprimento por 3,10 m. de largura na altura do respaldo das paredes, porém, como estas eram ligeiramente taludadas internamente, a largura na altura da superfície da areia era de aproximadamente 3 m. A superfície total da área filtrante era de 1080 m².

Taxa de filtração — Com as 20 unidades em serviço, a taxa de filtração era de 80 m³ por metro quadrado por 24 horas, para a vazão de 86.400 m³/24 horas. Os filtros, porém, podiam funcionar com taxas maiores, tendo sido submetidos a serviço com taxa de filtração até 114 m³ por m² por dia, com seis unidades fóra de funcionamento.

Alimentação dos filtros — A alimentação dos filtros era feita por dois canais descobertos, partindo do canal coletor de água decantada e estendendo-se lateralmente ao longo do corredor de manobras, servindo, cada canal, a uma ala de 10 unidades filtrantes.

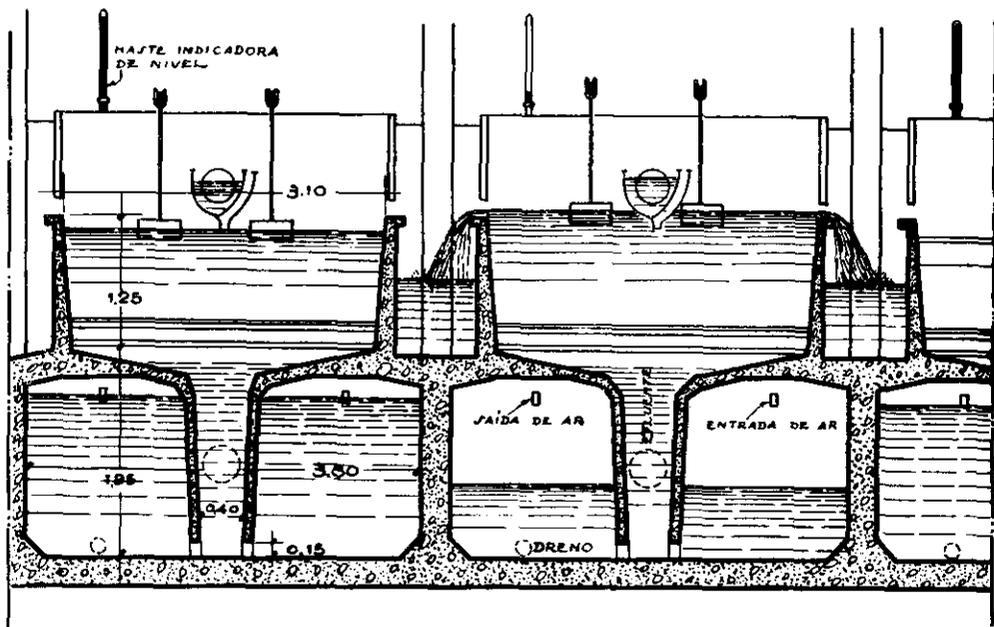
Uma calha metálica, com perfurações

da água tendia baixar sobre o filtro, e vice-versa.

A perda resultante da diferença entre o nível d'água no canal de alimentação e o nível da água no filtro era da ordem de 0,85 m.

Material filtrante e sistema de drenos — O material filtrante era constituído de areia com granulação de 0,7-0,8 a 1,5 mm. A espessura inicial da camada de areia era de 0,70 m., reduzida mais tarde para 0,60 m.

A areia colocada nos filtros geralmente tinha a granulação mais fina limitada a 0,5 mm., porém, depois de algum tempo a parte mais fina era arastada pela água de lavagem.



FILTROS REISERT
CORTE TRANSVERSAL

laterais, disposta sobre o eixo do filtro, estendendo-se ao longo de todo o seu comprimento e colocada logo acima do nível d'água, recebia a água do canal de água decantada. A ligação entre a calha e o canal de alimentação era feita por uma tubulação de ferro fundido, com registro, tendo do lado de montante, isto é, dentro do canal de alimentação, uma válvula borboleta comandada por um flutuador localizado sobre e superfície da água no filtro. A função dessa válvula borboleta era aumentar a vazão de alimentação quando o nível

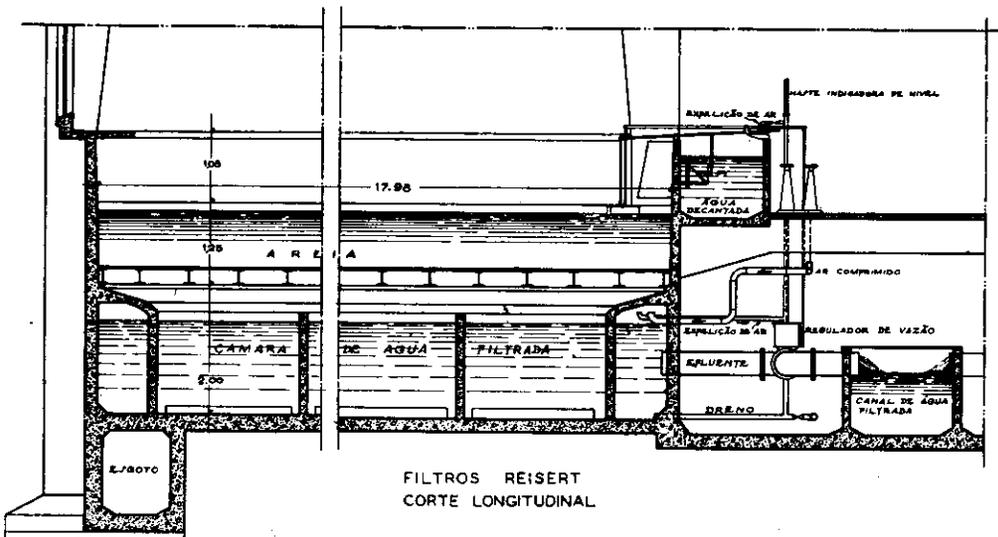
Os filtros Reisert não possuíam camadas de seixos. A areia da camada filtrante era suportada por duas chapas galvanizadas superpostas, perfuradas, entre as quais havia uma tela de cobre com tamanho das malhas suficientemente pequeno para não permitir passagem de areia. Essas chapas perfuradas eram parafusadas em vigas duplo T com suas extremidades embutidas nas paredes do filtro.

Sob cada filtro havia uma câmara de água filtrada. Logo abaixo das chapas e vigas que suportavam o material fil-

trante, uma estrutura de concreto armado, tomando a forma afunilada, com cerca de 0,40 m. de largura na sua extremidade inferior e chegando até a 0,15 m. do fundo da câmara, conduzia para esta a água filtrada. Dessa câmara saía a descarga para o canal de água filtrada.

As chapas galvanizadas, com uma tela de cobre de permeio, imersa em água com pH por volta de 5,7, constituiu sempre um sério problema na Estação, uma vez que tudo estava perfeitamente disposto para um eficiente processo de corrosão. As vigas, nas quais eram fixadas as chapas, depois dos primeiros anos de funcionamento da Estação pro-

A operação de lavagem consistia no fechamento da descarga de água filtrada e abertura do registro de admissão de ar comprimido. O ar entrava na câmara de água filtrada na parte superior desta e logo abaixo da estrutura de concreto armado que a separa do restante da parte inferior do filtro. Sob a pressão do ar, que se estendia por toda a câmara, a água acumulada nesta era impelida para a parte afunilada, atravessando as chapas perfuradas e a camada filtrante para remover as impurezas retidas pelo filtro. A água suja de lavagem vertia para dois canais laterais ao longo do filtro. Cada um desses canais era comum a dois filtros e



vocaram esboroamentos nos seus pontos de apoio nas paredes, devido a movimentos produzidos nas operações de lavagem dos filtros. Dêsses esboroamentos resultavam frequentes passagens de areia para a câmara de água filtrada.

Lavagem dos Filtros — A lavagem dos filtros Reiser era feita por inversão da corrente à semelhança dos filtros rápidos convencionais, utilizando-se ar sob pressão para comprimir a água da câmara de água filtrada existente sob o filtro e forçá-la a atravessar a camada filtrante em sentido inverso ao da filtração. O ar comprimido, sob uma pressão de 4-5 atmosferas, era fornecido por dois compressores que alimentavam dois depósitos cilíndricos de cerca de 35 m³ de capacidade cada um.

descarregava na galeria de esgôto pela extremidade oposta ao corredor de manobras. Nessa extremidade, havia uma parede de 0,50 m. de altura, a partir do fundo do canal, cuja função era reter areia arrastada durante a lavagem.

Da tubulação do dreno de cada câmara saía uma derivação vertical que se prolongava acima do piso do corredor de manobras. Dentro dessa derivação havia um flutuador cilíndrico, ao qual estava fixada uma haste visível em frente de cada filtro. O flutuador e respectiva haste indicavam o nível da água na câmara de água filtrada. Durante a lavagem o operador observava essa haste, fechando o ar comprimido quando a superfície da água atingia a um nível determinado, a fim de evitar que um abaixamento excessivo permitisse a pas-

sagem do ar pela abertura inferior da parte afunilada.

Terminada a lavagem o filtro era posto novamente em funcionamento. Abria-se parcialmente a descarga de água filtrada e também o registro da tubulação ligada à parte superior da câmara e destinado à expelir o ar injetado durante a lavagem. Expelido todo o ar e completado o reenchimento da câmara, fechava-se o registro de expelção e abria-se completamente a descarga de água filtrada.

A velocidade vertical da lavagem era de 1,00 a 1,20 m. por minuto. A duração da lavagem era de cerca de 60 segundos. A capacidade da câmara de água filtrada era da ordem de 80 m³, dos quais somente cerca de 65 m³ podia ser utilizada na lavagem.

Na lavagem dos filtros Reiserst não havia uma expansão normal da areia como acontece nos filtros rápidos convencionais. O que ocorria era um turbilhonamento da camada de areia, com remoção parcial da sujeira a ser removida. A distribuição da água de lavagem através das chapas perfuradas era imperfeita. A duração da lavagem era insuficiente. Fimda a lavagem era ainda forte a turbidez da água sobre a areia, havendo necessidade da continuação da operação, o que não era possível em virtude da limitação do volume de água da câmara sob o filtro. A impossibilidade de se prosseguir a lavagem por tempo mais prolongado constituía um dos mais sérios defeitos dos filtros Reiserst.

Em consequência das deficiências do processo de lavagem o leito filtrante ficava em mau estado, com as retrações e fendilhamentos consequentes, obrigando a frequentes tratamentos da areia com soda cáustica, operação esta bastante dificultada pelo tipo do filtro.

Apesar da parede de 0,50 m. de altura existente na extremidade do canal de descarga da água da lavagem, parte da areia arastada para esse canal era levada para o esgoto.

Perda de carga — O desnível, contando da entrada da água bruta no começo dos canais de mistura ao nível d'água no canal de água filtrada, era da ordem de 4,10 m., dos quais somente 2,60 m. eram realmente utilizados. Os restantes 1,50 m. representavam perdas inúteis e nocivas.

O desnível entre o nível d'água acima da superfície da área, no filtro, e a descarga de água filtrada era de apenas 2,25 m. A lâmina d'água acima da superfície da areia era de somente 0,30 m. Assim, a filtração se processava a maior parte do tempo sob a ação de carga negativa. Em consequência da reduzida carga positiva, havia grande libertação do ar dissolvido na água, no seio da camada filtrante, como se verificava pelo borbulhamento que ocorria no início das lavagens de filtros.

Regulador de vasão — Cada filtro era dotado de um regulador de vasão, de patente alemã, intercalado no tubo do efluente. Esse regulador possuía uma válvula de duplo assento acionada por um flutuador. O funcionamento deste estava ligado a uma válvula dupla comandada por flutuador sobre a superfície da água no filtro. O volume de água a ser fornecido pelo filtro era regulado por um registro intercalado na tubulação efluente depois do regulador e com uma escala no suporte da espiga. O funcionamento desse regulador estava longe de satisfazer ao que se desejava de um regulador de vasão. Ele funcionava ora fechando completamente a vasão do efluente, quando havia abaixamento do nível d'água sobre o filtro, ora abrindo completamente a descarga do efluente quando o nível se elevava.

MODIFICAÇÕES PROJETADAS

Devemos esclarecer que todas as obras e modificações foram planejadas para serem executadas sem interrupção do funcionamento da Estação de Tratamento Reiserst. Essa condição foi plenamente satisfeita.

Sendo a preocupação máxima dos responsáveis pelo serviço de águas a entrega ao consumo de mais 86.400 m³ de água diários no mais curto prazo possível, as obras foram atacadas e desenvolvidas nas partes da Estação das quais dependia o aumento de volume, deixando-se para depois de efetivado esse aumento a conclusão e mesmo o início da construção de obras complementares, tais como remodelação da Casa de Química e construção de depósito anexo, mudança do laboratório e administração para o pavilhão onde se acham os filtros, construção de reservatórios de água filtrada acabamentos, etc.

CASA QUÍMICA

As modificações mínimas na Casa de Química, para atender ao aumento do volume tratado, consistiram apenas na mudança dos pontos de aplicação com tubulações provisórias, instalação de uma nova bomba para recalque de sulfato, aumento do volume de água para preparo das soluções e modificação do separador de água de cal destinado à aplicação em dois pontos — para coagulação e correção do pH da água filtrada. Para atender ao maior consumo de sulfato de alumínio, passou-se a trabalhar com solução mais concentrada do que anteriormente.

As modificações, quando completadas, compreenderão o seguinte: localização de todos os tanques de solução de sulfato de alumínio no mesmo pavimento, com aumento do número de tanques; supressão do atual recalque de solução e instalação, em cada um deles, de cocho de dissolução e agitador mecânico; instalação de um monta carga para sulfato de alumínio; instalação de dois tanques de agitação e dosagem de leite de cal, para aplicação da cal utilizada na coagulação, deixando-se a água de cal para a correção do pH da água filtrada; construção de um depósito para sulfato de alumínio e cal, ligado à Casa de Química e na área de terreno existente entre esta e a via pública.

MISTURA E FLOCULAÇÃO

Para substituir os inadequados canais de mistura da antiga estação desejávamos construir misturador e floculadores para um período de agitação mínimo de 15 minutos. Porém, a exiguidade de terreno no local onde tal construção deveria ser executada não permitiu construção como era desejada. Por essa razão, para a mistura e floculação, foram projetadas e construídas chicanas verticais, de acordo com as possibilidades oferecidas pela área de terreno disponível.

A água bruta, depois de receber o sulfato de alumínio e a cal, é conduzida para essas chicanas por um canal de 2,31 m. de largura por 0,80 m. de profundidade, com uma velocidade um pouco acima de um metro por segundo. Esse canal, com cerca de 30 m. de comprimento, é constituído de dois trechos de

igual comprimento, em forma de chicana horizontal. No primeiro trecho está intercalado um medidor Parshall, o qual, além da sua função específica, promove uma acentuada agitação da água.

Nas chicanas verticais a velocidade da água é de 0,33 m. por segundo. Das chicanas a água passa para os canais de mistura da Estação primitiva, os quais foram adaptados de modo que a água os percorre com uma velocidade de 0,22 m/seg. até atingir o canal de alimentação dos decantadores.

Com a construção desse sistema de mistura e floculação passou-se a ter uma boa formação de flocos, não obstante o tempo de contacto ser de apenas 8 minutos.

DECANTAÇÃO

Os quatro decantadores de que dispõe a Estação foram construídos para um tempo de decantação de quatro horas, para a vazão de 86.400 m³/24 hs. Com a duplicação do volume tratado (172.800 m³) o tempo de decantação passou a ser de duas horas. Com esse aumento de volume tornou-se não só inadiável a correção de defeitos existentes desde a sua construção, como também necessária a introdução de modificações capazes de melhorar a sua eficiência. As modificações foram as seguintes:

Comportas de alimentação — Como o nível da água nos decantadores era mais baixo do que nos canais de misturas havia um salto depois da água passar pelas comportas. O nível da água nos decantadores foi elevado e a secção das comportas foi aumentada, eliminando-se o salto e permitindo-se a passagem da água floculada com velocidade dentro de limites adequados (por volta de 0,30 m. por segundo).

Entrada da água nos decantadores — A entrada da água nos decantadores era feita junto ao fundo. Para melhor distribuição da água ao entrar para os decantadores foram construídas cortinas de madeira dotadas de aberturas com espaçamento e dimensões adequadas. As aberturas, medindo 0,12 m x 0,35 m, em número de 46 para cada decantador, foram dispostas em quatro linhas horizontais, distanciadas verticalmente 0,50 m. uma da outra, centro a centro, começando a 1,20 m. do fundo do de-

cantador. Essas cortinas são construídas de pranchas de madeira com macho e fêmea, encaixadas em colunas de concreto armado com ranhuras verticais e distanciadas 2,00 metros entre si.

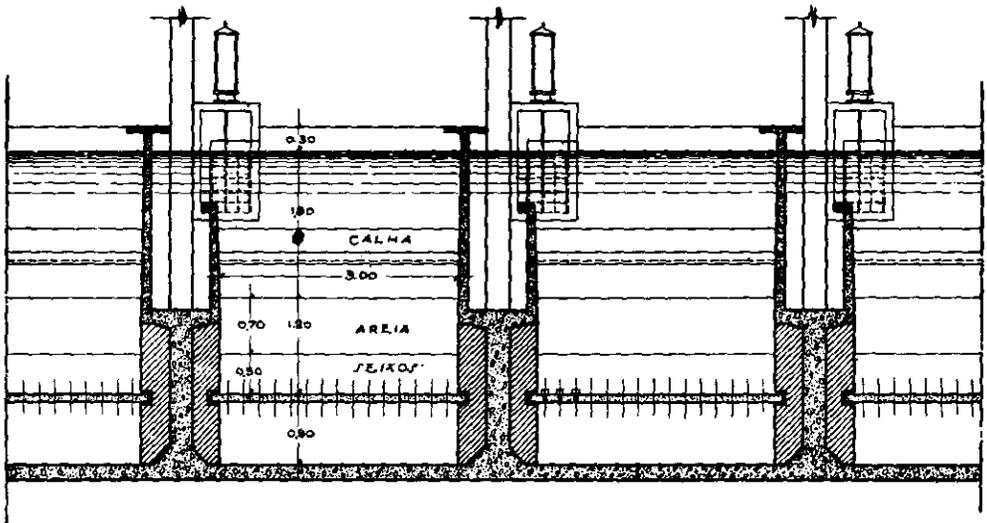
Saída da água decantada — A saída da água decantada, por extravasão, com uma vasão por metro linear da ordem de $0,022 \text{ m}^3$, foi substituída por calhas coletoras, em forma de U, com 0,90 m. de largura, afastada 0,30 m. das paredes longitudinais e de extremidade. Nessas calhas, com 82 m. de vertedouro, a vasão por metro linear é de $0,006 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Com essas modificações nos decantadores e com a melhoria da floculação, a turbidez da água decantada, apesar do

nas 0,30 m. de lâmina d'água acima da areia; e a descarga de água filtrada era feita acima do nível d'água no canal receptor central.

No plano e no projeto que elaboramos previmos aumentar a capacidade de filtração desses filtros, de 86.400 para 172.800 m^3 diários, com a mesma área filtrante total, passando os filtros a trabalhar com a taxa de filtração de $160 \text{ m}^3/\text{m}^2/24 \text{ hs.}$, quando todas as unidades em serviço, ou com 168,5 e $178 \text{ m}^3/\text{m}^2/24 \text{ hs.}$, com uma e duas unidades paradas, respectivamente.

Na Estação Reisert cada filtro tinha os dois canais receptores da água da lavagem em comum com os dois filtros vizinhos.



CORTE TRANSVERSAL DOS FILTROS
PROJETO INICIAL COM 20 UNIDADES SIMPLES

tempo de decantação ter sido reduzido para duas horas, tem sido geralmente próxima de 5 p.p.m., e mais baixa do que a turbidez que era normalmente obtida com decantação de quatro horas.

FILTRAÇÃO

Segundo já nos referimos, a estação possuía 20 unidades filtrantes de 54 metros quadrados de área cada uma, perfazendo um total de 1.080 m^2 . A taxa de filtração, com todas as unidades em serviço, era de $80 \text{ m}^3/\text{m}^2/24 \text{ horas}$; o desnível entre o canal de alimentação dos filtros e o nível d'água nestes últimos era de 0,85 m.; a perda de carga total nos filtros era de 2,25 m., com ape-

Para realizar o aumento de capacidade, os filtros seriam separados um do outro, ficando cada um deles com um canal receptor da água da lavagem; as paredes divisorias seriam elevadas à altura das paredes do canal de alimentação; e o novo sistema de drenos inferiores a ser construído seria disposto em cota mais baixa do que a dos existentes, aumentando-se, assim, a profundidade das caixas dos filtros. Efetuadas todas as modificações nesses filtros, ficaria a Estação com 20 unidades do tipo convencional americano.

A elevação das paredes divisorias à altura das paredes dos dois canais de alimentação seria feita pela suplemen-

tação de uma das paredes de cada canal receptor da água suja da lavagem, uma vez que essa parede pudesse suportar as novas condições de trabalho a que ia ser submetida. Sobre esse aspecto trocamos idéia com o engenheiro que dirigiu a construção da Estação Reisert. Achou esse engenheiro que as referidas paredes estavam em condições de suportar a suplementação. Em vista disso foi detalhado o projeto para 20 unidades filtrantes, como indicado no desenho, e feita a encomenda da parte do equipamento de construção mais demorada.

Antes de 1940, quando eramos responsáveis pela operação das estações de tratamento, fizemos funcionar os filtros com seis unidades fóra de serviço sem perturbação do volume de água. Poderíamos, portanto, pôr várias unidades fóra de serviços para execução das transformações projetadas, sem prejuízo do volume de água fornecido por aquela Estação.

No plano de execução das obras, a que nos referiremos mais adiante, estava prevista a transformação imediata de um primeiro filtro, com as suplementações de suas paredes e demolições internas necessárias. Ao se executar essa primeira demolição, foi feita uma verificação local das paredes a serem suplementadas, constatando-se que elas não ofereciam a segurança desejada quando sujeitas às novas condições de trabalho a que iriam ser submetidas. Em vista disso o projeto foi modificado. Em vez de 20 unidades filtrantes simples a Estação passaria a ter 10 unidades duplas, isto é, dois filtros com um canal central receptor da água suja da lavagem passaram a constituir um só filtro dividido em duas bacias. A suplementação de 18 paredes foi substituída pela demolição de 8 canais receptores de água da lavagem e das paredes sob os mesmos e pela construção de 8 paredes divisórias. Houve um aumento de demolição, porém, ganhou-se em área filtrante, uma vez que os espaços sob os canais de lavagem demolidos que deveriam ser cheios com concreto, com a construção das paredes divisórias puderam ser aproveitados, como indicado no desenho. Com isso a área filtrante total passou de 1.080 para 1.248 m².

Programa de execução da transformação dos filtros — A transformação

dos filtros obedeceu ao seguinte programa essencial:

a) Construção de dois condutos de água filtrada, na parte externa do pavilhão dos filtros e ao longo de cada uma das duas alas de filtros, destinados a receber as tubulações do efluente de cada filtro. Esses dois canais prolongam-se e ligam-se ao canal de água filtrada já existente, o qual foi suplementado por dois canais de menor secção, do ponto em que recebe a água dos dois novos canais até à pequena caixa otogonal de onde parte a tubulação de gravidade construída em 1928-1929.

A galeria de canalizações dos filtros Reisert tinha espaço insuficiente para instalação da nova tubulação do efluente, de água de lavagem, etc., e o canal de água filtrada existente nessa galeria não tinha capacidade para receber maior volume de água e deveria ser demolido logo que fosse completada a transformação de todos os filtros da ala em que foram iniciadas as obras. Por essa razão a saída da tubulação de água filtrada tinha que ser na extremidade que dá para a parte externa do pavilhão dos filtros;

b) Construção de uma pequena caixa ligada à caixa otogonal. Dessa pequena caixa sai a nova linha de gravidade que conduz para a cidade o reforço de 86.400 metros cúbicos diários;

c) Construção de uma casa de bombas provisórias para instalação de bombas destinada à lavagem dos filtros;

d) Construção de um reservatório de água filtrada destinado a alimentar as novas bombas encomendadas para a lavagem dos filtros;

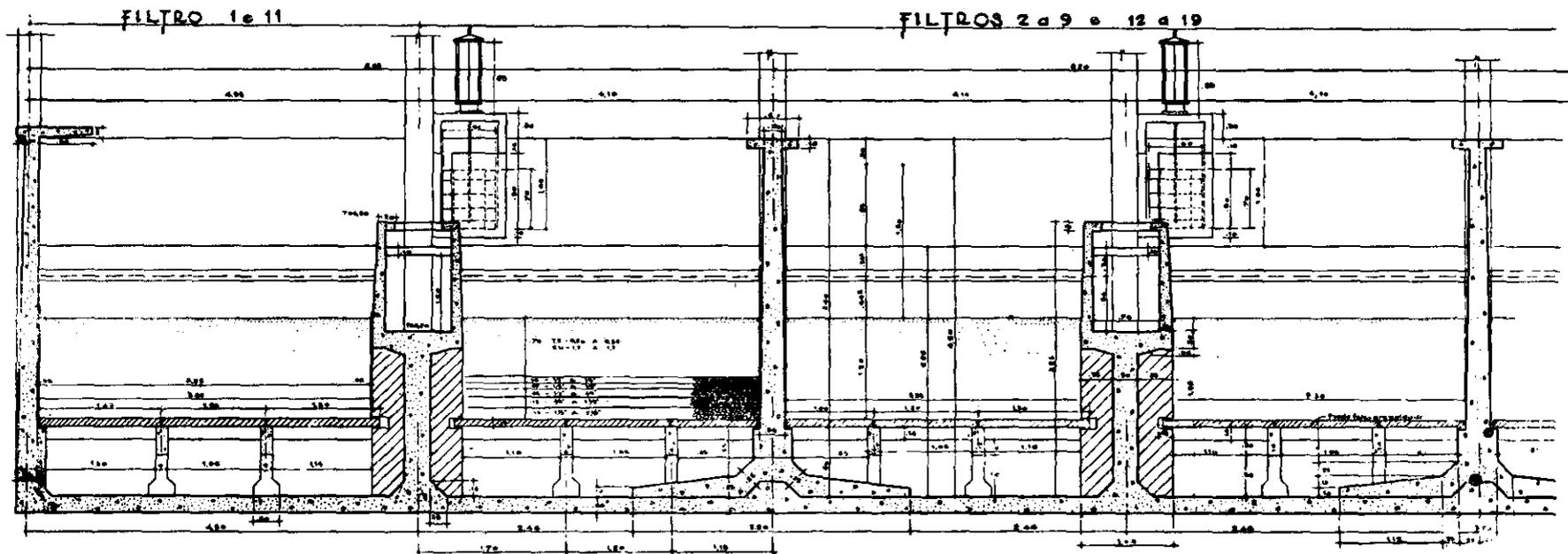
e) Desmontagem dos filtros e demolição da parte da estrutura que ia ser eliminada ou substituída, e construção da estrutura nova, projetada;

Para o início da demolição e da transformação dos dois primeiros filtros Reisert em um filtro duplo, três unidades foram postas fóra de serviço. Terminada a transformação e posta em serviço, essa nova unidade passou a fornecer um volume de água filtrada cor-

R. A. E.

FILTROS DE SANTO AMARO

Reforma e ampliação



CORTE TRANSVERSAL
ESCALA 1:25

respondente a pouco mais que cinco filtros Reiser, com uma taxa de filtração de cerca de $190 \text{ m}^3/\text{m}^2/24$ horas. Isso permitiu a demolição seguinte ser executada em um maior número de filtros fora de serviço. Terminada a transformação dos 10 filtros da primeira ala, pôde-se iniciar a transformação, simultaneamente, de todos os 10 filtros da outra ala, uma vez que quatro dos cinco filtros duplos terminados eram suficientes para fornecer o volume de 86.400 m^3 diários. Pôde-se igualmente, executar a demolição do canal de água filtrada existente na galeria de canalizações.

- f) Construção de uma nova lage para o piso do corredor de comando, $0,17 \text{ m}$ abaixo do resalto das paredes dos canais de alimentação dos filtros e $1,15 \text{ m}$. acima do piso do corredor primitivo;
- g) Desmontagem dos compressores de ar e dos depósitos de ar comprimido destinados à operação de lavagem dos filtros;
- h) Divisão do amplo salão, onde estavam instalados os compressores e depósitos de ar, em dois pavimentos. Sendo o pé direito desse salão bastante elevado, foi construída uma lage na altura do corredor de comando, devendo ser transferido para esse pavimento o laboratório e a administração da Estação.

Sistema de drenos — Foi adotado para os novos filtros o sistema de drenos com fundo falso. Foram estudadas duas variantes para a lage do fundo falso — lage construída no local e lages pré-moldadas. Foi dada preferência a lages pré-moldadas. Essas lages são embutidas nas paredes dos filtros e suportadas, no vão correspondente à largura do filtro, por duas vigas de concreto armado sobre colunas também de concreto armado.

Nessa lage estão colocados distribuidores de porcelana, distanciados $0,20 \text{ m}$. um do outro centro a centro. A perda de carga nesses distribuidores, durante a lavagem, é de cerca de $0,90 \text{ m}$. para uma velocidade vertical de lavagem de $0,70 \text{ m}$. por minuto.

Material filtrante — A areia do leito filtrante é constituída de 2 camadas: a camada filtrante propriamente dita com

$0,575 \text{ m}$. de espessura, e a camada torpedo com $0,125 \text{ m}$. A areia da camada filtrante propriamente dita tem um tamanho efetivo de $0,5$ a $0,55 \text{ mm}$. e um coeficiente de uniformidade de $1,3$ a $1,5$. A granulação maior desta camada de areia é limitada a $0,9 \text{ mm}$. e 99% da granulação menor é limitada a $0,3 \text{ mm}$.

A camada torpedo é constituída de grãos de areia de tamanho compreendido entre $0,9$ e $3,0 \text{ mm}$.

Os seixos são constituídos de cinco camadas com a espessura total de $0,50 \text{ m}$., a saber:

0,15 m. de	$1\frac{1}{2}''$ a	$2\frac{1}{2}''$
0,12 m. de	$\frac{3}{4}''$ a	$1\frac{1}{2}''$
0,08 m. de	$\frac{1}{2}''$ a	$\frac{3}{4}''$
0,07 m. de	$\frac{1}{4}''$ a	$\frac{1}{2}''$
0,08 m. de	$\frac{1}{8}''$ a	$\frac{1}{4}''$

Reguladores de vasão — Todos os filtros são dotados de reguladores de vasão efluente, com venturi e de controle automático. Há a esclarecer que quando o projeto foi modificado de 20 unidades simples para 10 unidades duplas, dos materiais encomendados os únicos, cuja fabricação estava já iniciada eram os reguladores de vasão para as unidades simples. Essa encomenda não pode ser alterada. Por essa razão cada filtro duplo possui duas descargas do efluente, uma para cada bacia, de $12''$ de diâmetro, cada uma com regulador de vasão.

Lavagem dos filtros — A lavagem dos filtros é feita por meio de bombas por inversão da corrente em alta velocidade, auxiliada por lavagem superficial da areia.

Foram encomendadas duas bombas, de importação, com capacidade, cada uma, para assegurar uma velocidade de lavagem de $0,75 \text{ m}$. por minuto. Para alimentação dessas bombas foi construído um reservatório de onde elas aspirarão a água para lavagem.

Enquanto é aguardada a chegada dessas bombas, foram instaladas, a título provisório, duas bombas usadas que permitem lavar os filtros com uma velocidade vertical de aproximadamente $0,60 \text{ m}$. por minuto.

Para a lavagem superficial foram estudadas duas alternativas, uma pelo sistema fixo e a outra pelo sistema rotativo. A última foi a preferida. Os dispositivos para esse fim foram construídos

nas oficinas da Repartição de Águas sob a orientação do engenheiro Sauro José Bartolomei, de acôrdo com os desenhos por êle elaborados.

Para fornecer água para a lavagem superficial foi instalada uma bomba usada, disponível no Almoxarifado da R.A.E., com características de vasão e de pressão próximas das necessárias para o fim em vista. Os resultados têm sido amplamente satisfatórios.

O consumo de água de lavagem tem sido da ordem de 2%.

A tubulação de água para lavagem dos filtros, de 0,50 m. de diâmetro, foi instalada entre o antigo canal de água filtrada e a parede dos filtros da ala em que se iniciou a modificação e foi sendo prolongada à medida que cada filtro ficava concluído. Demolido o canal de água filtrada foram sendo feitas as ligações aos filtros da outra ala. A velocidade nessa tubulação é de 3,00 m. por segundo para uma velocidade de lavagem de 0,60 m. por minuto.

Calhas e canal receptor da água da lavagem — Cada filtro é dotado de 16 calhas de lavagem, sendo 8 em cada bacia. Essas calhas, com o fundo em V, com 0,50 m. de largura, são distanciadas 2,25 m. uma das outras, eixo a eixo. A distância da superfície da areia ao fundo das calhas é de 0,445 m. e de 0,90 m. é a distância da superfície da areia aos seus bordos.

Essas calhas vertem para o canal central que divide cada filtro em duas bacias e que descarrega a água da lavagem na galeria de esgôto pela extremidade oposta ao corredor de comando. Esse canal central é o mesmo utilizado para a lavagem dos filtros Reisert. Naqueles filtros a água suja, durante a lavagem, vertia ao mesmo tempo para dois canais iguais ao acima referido. Fizemos antes a verificação da capacidade desse canal, instalando, na extremidade que verte para a galeria de esgôto, um modelo de comporta, em madeira, igual ao que ali iria ser instalado em definitivo e barramos um dos vertedouros laterais do filtro, obrigando toda a água suja da lavagem a verter somente para um dos dois canais. Com a velocidade vertical de lavagem ligeiramente superior a um metro por minuto o canal deu vasão à água nele descarregada.

Perda de carga nos filtros — A profundidade das caixas dos filtros é de 4,20 m. A profundidade a partir do fundo falso é de 3,30 m. A diferença entre os níveis da água no filtro e no conduto de água filtrada é de aproximadamente 3,20 m.

A altura da água acima da superfície da areia é de 1,80 m. Como a lavagem do filtro é geralmente feita quando a perda de carga atinge 1,80 m. a 2,00 m, a filtração se processa quasi todo o tempo sob a ação de carga positiva. O período de funcionamento dos filtros entre duas lavagens é em média de cerca de cerca de 24 hs.

Operação hidráulica — Na Estação Reisert todas as válvulas eram manuais e operadas de pedestais dispostos no corredor de comando. Nos novos filtros as comportas de influente e da descarga da água da lavagem e as válvulas do efluente e de admissão de água para lavagem são de operação hidráulica e manobradas de mesa de comando. A descarga de drenagem, que são as mesmas dos antigos filtros, continuam sendo de operação manual.

Capacidade dos filtros — Os filtros dos quais se desejava um volume de água de 172.800 m³ por 24 horas, estão fornecendo êsse volume com 8 unidades em serviço. Isso corresponde a dizer que em caso de necessidade êles poderão fornecer maior quantidade de água.

Equipamento — Todo o equipamento dos filtros é de fabricação nacional. Os reguladores de vasão, mesas de operação e distribuidores de porcelana foram fornecidos por W. A. Rein. Os demais materiais foram adquiridos de fornecedores diversos.

CUSTO DAS OBRAS

As despesas para ampliar a capacidade da Estação de 86.400 para 172.800 m³ diários, incluindo-se as partes a serem concluídas, é de pouco mais de 11 milhões de cruzeiros. Cerca de 45% dessa importância corresponde a gastos com equipamento. Si se considerar que o custo atual de uma estação de tratamento, com capacidade para 86.40 m³ diários, é de no mínimo 30 milhões de cruzeiros, pode-se avaliar a economia com que a Repartição de Águas e Esgôtos pôde entregar ao consumo mais 86.400 m³ de água diários, em fins de 1953.

QUALIDADES DA ÁGUA TRATADA

Depois de executadas as modificações a qualidade da água tratada passou a ser melhor do que anteriormente. Com as mesmas dosagens de sulfato de alumínio para a água bruta de características equivalentes às da que era tratada anteriormente, tem sido obtida uma água tratada com côr geralmente entre 2,5 e 5 p.p.m. e com turbidez entre 1 e 2 p.p.m.

SUMÁRIO

Para antecipação do reforço do abastecimento de água de São Paulo foram planejadas e projetadas modificações na antiga Estação de Tratamento de Santo Amaro, de modo a aumentar a sua capacidade para o dobro do volume, isto é, de 86.400 para 172.800 m³ por 24 horas. Essas modificações constaram de

adaptações na Casa de Química, construção de chicanas verticais para mistura e floculação, modificações nos decantadores e transformação nos filtros para que estes passassem a fornecer um volume de água duas vezes maior, com a mesma área filtrante.

Essas modificações deveriam ser executadas, como de fato o foram, sem interrupção do fornecimento do volume tratado naquela Estação. Em fins de 1953 essa reforma e ampliação de capacidade permitiram entregar ao consumo da Capital mais 86.400 m³ de água por dia. A qualidade da água tratada passou a ser melhor do que era anteriormente.

O gasto com as modificações projetadas é pouco superior a 11 milhões de cruzeiros, ou seja pouco mais de um terço do custo de uma estação de tratamento para 86.400 m³ de água diários.

Características da Estação de Tratamento

Volume de água tratado por 24 hs. (m ³)	172.800
Análise de água bruta (p. p. m.):	
Turbidez	14 — 70
Côr	70 — 150
pH	6,1 — 6,5
Alcalinidade (em CaCO ₃)	9 — 13
Aplicação de ingredientes químicos:	
Sulfato de alumínio	
Forma de aplicação	Solução
Ponto de aplicação	Entrada da água bruta
Dosagens aplicadas (p. p. m.)	15 — 30 (1)
Cal	
Forma de aplicação	Água de cal saturada
Pontos de aplicação	} Entrada da água bruta e canal de água filtrada
Dosagens aplicadas (p. p. m.)	
Dispositivo para mistura e floculação:	
Tipo	} Canal com medidor Parshall e chicanas verticais
Tempo de mistura e floculação (minutos) ...	
Velocidade da água no canal (centímetros/seg)	100
Velocidade da água nas chicanas (centímetros/seg)	33

(1) Sulfato a 15% de Al² O₃

(2) Cal a 75% de CaO livre

Decantadores:

Número de unidades	4
Tempo de decantação (horas)	2
Entrada da água nos decantadores	} Através de cortinas perfuradas
Saída da água	
Vasão por metro linear de vertedouro das calhas coletoras (m ³ /segundo)	0,006

Filtros:

Número de unidades	10
Taxa de filtração (m ³ /m ² /24 horas)	139 (1)
Profundidade da caixa dos filtros (metros)	4,20
Diferença entre os níveis d'água nos filtros e no canal de água filtrada (metros)	3,20
Área filtrante de cada filtro (m ²)	121,6 (2)
Espessura da camada filtrante (centímetros) ..	57,5
Tamanho efetivo da areia	0,5 — 0,55
Coefficiente de uniformidade de areia	1,3 — 1,5
Espessura da camada torpedo (centímetros)	12,5
Tamanho dos grãos de areia na camada torpedo (mm)	0,9 — 3
Espessura das camadas de seixos (centímetros) .	50
Tamanho mínimo dos seixos (mm)	3,2
Tamanho máximo dos seixos (mm)	63
Altura da água acima da superfície da areia (me- tros)	1,8
Sistema de drenos	Fundo falso
Natureza dos distribuidores	Louça

Processo de lavagem	} Alta velocidade e la- vagem superficial
Sistema de lavagem superficial	
Fornecimento de água para lavagem	Por bombas
Número de calhas de lavagem em cada filtro	16 (3)
Distância entre as calhas, eixo a eixo (metros) ..	2,25
Distância da superfície da areia ao fundo das ca- lhas (centímetros)	44,5
Distância da superfície da areia aos bordos das calhas (centímetros)	89
Fôrma do fundo das calhas	Em V
Material das calhas	Concreto Armado

Cloração:

Aparelhos empregados	Wallace & Tiernan
Tipo de aparelho	Vácuo

(1) A taxa de filtração prevista era de 160 m³/m²/24 hs, para a área filtrante total de 1.080 m². Como a área filtrante foi aumentada para 1.248 m², a taxa de filtração baixou para 139 m³/m²/24 hs. Os filtros poderão trabalhar normalmente com taxa de filtração de 175 m³/m²/24 hs., já tendo, mesmo trabalhado com 196 m³/m²/24 hs. em condições satisfatórias.

(2) Cada um dos 10 filtros é dividido em duas metades de 60,8 m². cada, separadas pelo canal central para o qual verte a água da lavagem. Os quatro filtros das extremidades das duas alas têm 129,5 m² de área filtrante.

(3) Cada filtro possui 16 calhas, sendo 8 em cada metade em que o filtro é dividido.

Ponto de aplicação do cloro	Canal de água filtrada
Dosagens aplicadas (p. m. m.)	0,3 — 0,5
Análise da água tratada (p. p. m.)	
Côr	2 — 10
Turbidez	1 — 2
pH	8,3 — 8,7

Características Físicas, Químicas e Bacteriológicas, representativas da Água de Santo Amaro

	Água Bruta	Água Tratada
Côr (escala Pt — Co) — p. p. m.	110	inferior a 10
Turbidez (escala sílica) — p. p. m.	28	2
pH	6,3	8,4
Alcalinidade total, em CaCO ³ — p. p. m.	10,6	16,5
Alcalinidade à fenolftaleína — p. p. m.	0,0	2,0
Dureza total, em CaCO ³ — p. p. m.	5	21
Ferro, em Fe — p. p. m.	1,45	0,08
Oxigênio consumido, em O ² — p. p. m.	4,8	1,9
Resíduo total — p. p. m.	47,0	53,3
Resíduo fixo — p. p. m.	23,4	29,4
Perda por ignição — p. p. m.	23,6	24,0
Ion cloreto, em Cl' — p. p. m.	2,7	2,5
Nitrogênio amoniacal — p. p. m.	0,026	0,027
Nitrogênio albuminoide — p. p. m.	0,166	0,050
Nitrogênio nitroso — p. p. m.	0,00	0,00
Nitrogênio nítrico — p. p. m.	0,150	0,120
Coliformes por 100 ml	280	zero
Contagem total de germes (agar a 37° C — 24 hs. em 1 ml)	48	6
Contagem total de germes (agar a 20° C — 96 hs. em 1 ml)	71	6