

Dados Sumários sobre os esgotos da Cidade de S. Paulo, e Estação Experimental de Tratamento de Esgotos do Ipiranga (*)

Eng. J. P. Jesus Netto

Engenheiro-Ajudante da 2.^a S. T.

Um dos magnos problemas de engenharia sanitária da cidade de São Paulo é sem dúvida a poluição dos seus cursos d'agua, particularmente do Rio Tietê, — para onde convergem todos os esgotos evacuados pela metropole.

A cidade de São Paulo descarrega, com efeito, diréta ou indiretamente no seu principal curso d'agua, — o rio Tietê, — um volume de 3.3 metros cubicos de esgotos por segundo, em regime sêco, correspondente a uma população de 750.000 habitantes, ou seja cêrca de 50% da população atual estimada da cidade.

A vazão anual predominante do rio, após a confluência dos seus dois principais tributários Tamanduateí e Pinheiros, gira em tórno de 12 metros cubicos por segundo, caindo aliás esta vazão temporariamente, nas grandes estiagens, a um minimo de proximamente 5.0 metros cubicos por segundo.

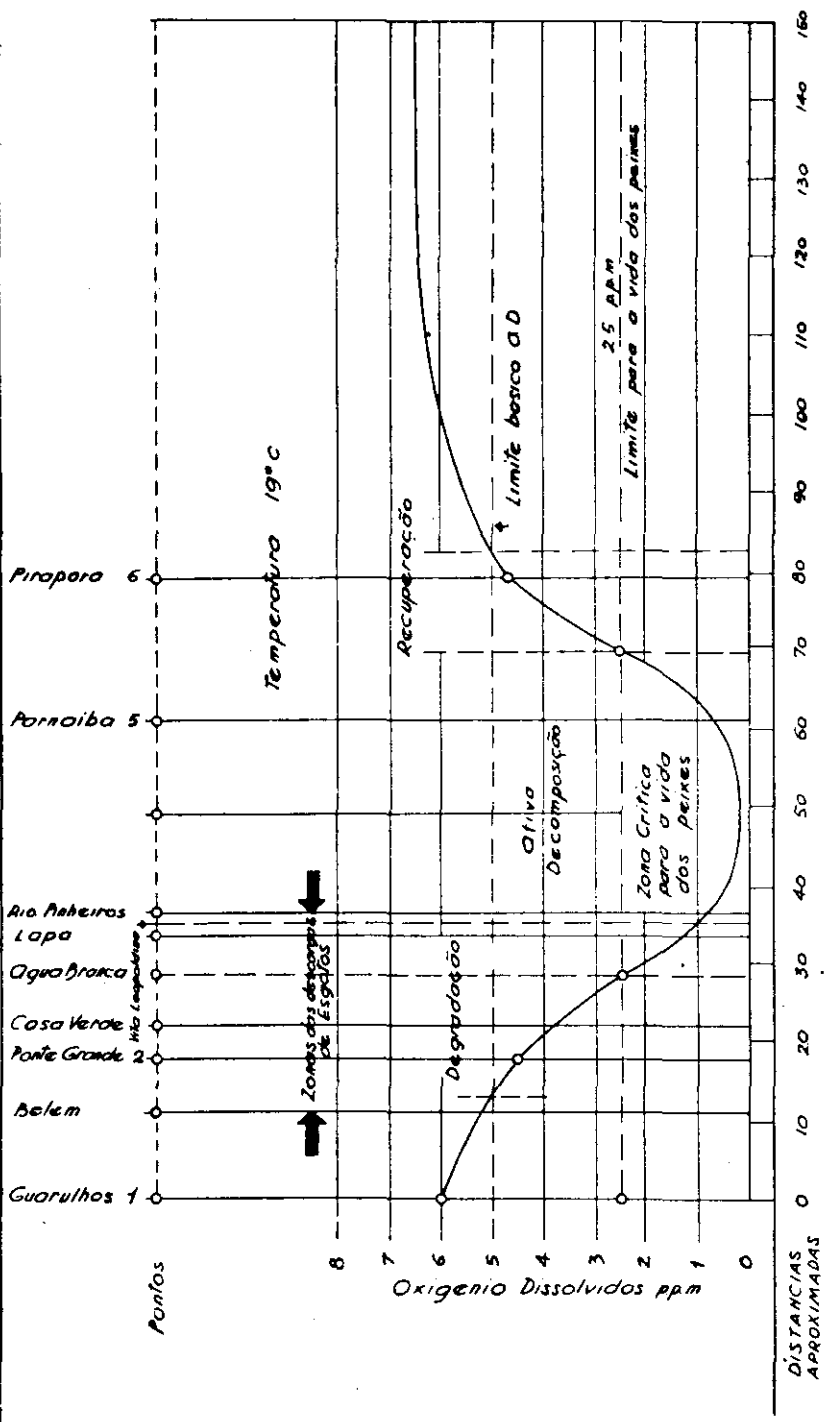
Como éra de esperar, de tão baixas diluições, vem resultando a crescente poluição do maior curso d'agua da cidade.

Dos estudos das depressões do oxigênio dissolvido do rio, provocadas pelas descargas dos esgotos, e efetuados em nóve pontos diferentes ao longo do seu curso, resultou a curva representativa da Fig. 1, na qual as taxas de oxigênio dissolvido estão expressas em partes por milhão, e as distâncias entre pontos, em quilômetros.

As taxas figuradas na curva são médias anuais, referentes a dois anos de observações. A temperatura média anual do rio, durante esse periodo, foi sensivelmente igual a 19.^o C.

É bem conhecida a importância que assumem nos estudos de poluição, as condições da existência do oxigênio dissolvido nas águas poluidas, como reflexo fiel do progresso das decomposições do esgoto nelas vertido. A decomposição do material orgânico dos esgotos diluidos nos

(*) Trabalho apresentado à "Primeira Conferência Inter-Americana Regional de Engenharia Sanitária".



DEPRESSÕES MEDIAS DO OXIGENIO DISSOLVIDO NO RIO TIETE - S. PAULO

Fig. 1

rios, provoca a desoxigenação de suas águas, por efeito das complexas reações, tendentes a estabilização dos compostos orgânicos dos esgotos. Tal estabilização processa-se a custa do oxigênio dissolvido disponível das águas, por intermédio do metabolismo bacteriano, de sorte que as depressões do oxigênio dissolvido dão uma ideia objetiva do grau de poluição atingido.

Na curva das depressões do oxigênio, e na Fig. 2 (Curso do Tietê a jusante da Cidade), tomando-se as variações do oxigênio dissolvido como índices, há uma tentativa para representar, em função de taxas padrões de oxigênio dissolvido ordinariamente admitidas, 1) — a *zona de degradação*, localizada dentro do perímetro da cidade, com cerca de 17.0 quilômetros de extensão; 2) — a *zona de ativa decomposição*, situada a jusante das descargas de esgotos, com proximamente 47.0 quilômetros; e 3) — a *zona de recuperação*, caracterizada pela progressiva ascendência da curva do oxigênio dissolvido, e ocupando um trecho de rio de mais ou menos 15.0 quilômetros.

Ha uma certa divergência no que se refere às taxas de oxigênio dissolvido, a adotar como padrão de poluição tolerável. O limite mínimo de oxigênio dissolvido, tolerável em águas recebendo descargas de esgotos, é geralmente fixado entre 4.3 e 5.0 p.p.m. (47% — 54% de saturação a 20.º C.). Estas taxas, segundo certos higienistas, pode baixar até 25% de saturação (2.3 p.p.m.), subordinando-se porém este mínimo às condições dos depositos bentuais de lodo nos cursos dagua.

No que se refere a vida aquatica, as taxas preconizadas variam amplamente entre 30% e 70% de saturação (2.8 p.p.m. — 6.4 p.p.m. 20.º C.).

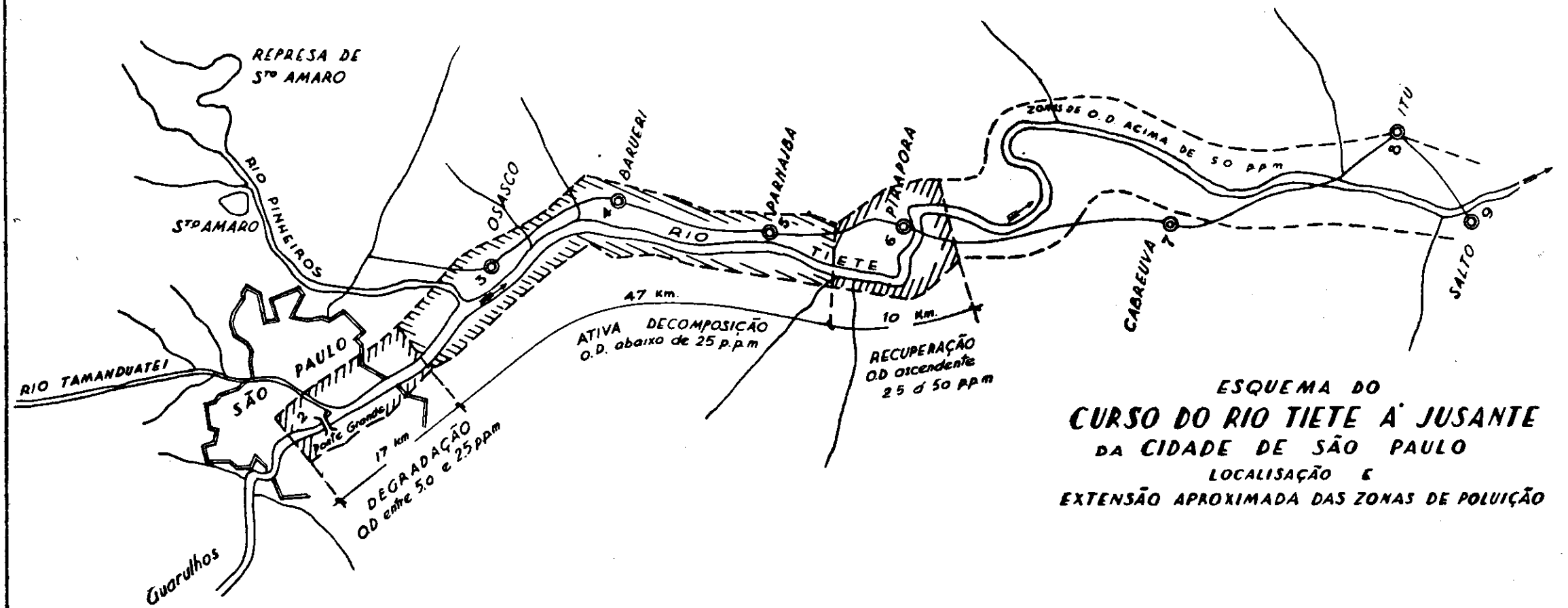
A taxa de 2.5 p.p.m. (27% de saturação a 20.º C), foi experimentalmente ensaiada na Ponte Pequena para a vida dos peixes.

Si bem que haja peixes de espécies rusticas, comuns aos nossos rios, capazes de subsistir sob tão baixa concentração de oxigênio, é desaconselhavel descer, na pratica, a esse limite, pois as espécies que sobrevivem têm diminuída a sua resistividade às toxinas, doenças bacterianas, e decaem na sua reprodutividade.

A taxa de 4.0 p.p.m., ou proximamente 43% de saturação, à temperatura média anual do rio, de 19ºC, constitue a nosso ver, um limite médio razoavel, consoante as nossas peculiares condições ecológicas.

O oxigênio consumido (O. C.) indice presuntivo da matéria orgânica, tem o seu máximo na facha poluida com 7.9 p.p.m. na zona de degradação, e num minimo de 4.1 p.p.m. na zona de recuperação.

A curva dos germes (agar, 37.C, 24 horas) sobe progressivamente a partir da zona das descargas, atingindo o seu máximo (85 milhões) nas proximidades do ponto 6 (Pirapóra), cobrindo cerca de 40.0 quilômetros do curso do rio a partir do limite da zona das descargas, sofrendo em seguida bruscas reduções que atingem até 99% da contagem inicial.



ESQUEMA DO
CURSO DO RIO TIETE A JUSANTE
 DA CIDADE DE SÃO PAULO
 LOCALIZAÇÃO E
 EXTENSÃO APROXIMADA DAS ZONAS DE POLUIÇÃO

Fig. 2

O Bacilo Coli tem o seu máximo no ponto 5 (Parnaíba), a uma distância de 27.0 quilômetros das descargas da cidade, sofrendo em seguida, entre aquele ponto e o ponto 5, reduções que vão até 99.7%.

O Bacilo Coli é, como se sabe, um índice presuntivo da contaminação bacteriológica das águas. Organismo parasita e não patogênico, ocorrendo em grande quantidade nas dejetos do homem e dos animais superiores, tem ele estreita afinidade com o Bacilo tífico, organismo responsável da febre tifoide. Admite-se que este patogêno é destruído na proporção aproximada de 50% entre 1-5 dias, e 90% entre 3-13 dias, sendo mais ou menos comum a existência de organismos virulentos em percursos de mais de cem quilômetros dos locais de descargas de esgotos.

A aplicação dos padrões bacteriológicos ao rio Tietê, para o cálculo do grau de purificação de águas de abastecimento público, captadas em fontes contaminadas, de modo que, uma vez tratadas, se enquadrem dentro da relação 1:100 centímetros cúbicos, mostra que o rio, numa apreciável extensão de cerca de 92 quilômetros abaixo das descargas de esgotos, não possui as qualidades bacteriológicas exigidas para as águas potáveis, mesmo na hipótese de tratamentos completos, químicos, mecânicos e ordinários de desinfecção.

O plancton do rio, entre os pontos 1 e 4-5, apresenta reduções que variam entre 80%-90% das populações encontradas nas zonas do rio com 70%-80% de saturação de oxigênio dissolvido.

Os depósitos bentuais, provenientes dos lodos de esgotos, estendem-se desde as zonas das descargas, até o ponto 5, onde são em parte retidos pela barragem de uma instalação hidro-elétrica ali existente. A formação de bancos de areias estercoreais, e o material flutuante dos esgotos derivando a mercê das correntes, completam o ligeiro esboço das condições do rio Tietê, sob a ação das descargas "in natura" dos esgotos de São Paulo.

Embóra este quadro represente situações possíveis, dentro de possíveis condições ecológicas, é fóra de dúvida que a poluição do rio estende-se para mais de 79.0 quilômetros, e que as suas águas só se apresentam, em média anual, com taxas de oxigênio dissolvido semelhantes ás encontradas a montante do ponto inicial da curva (ponto 1), com 70%-80% de saturação, a distâncias que vão até 155 quilômetros a jusante da cidade.

As águas do rio, em amostras representativas, tomadas em cinco pontos diferentes do seu leito, após a confluência do rio Pinheiros, apresentam os seguintes carateristicos: —

pH-6.9; pH após 10 minutos de fervura — 8.7; alcalinidade ao metilorange (CaCO_3) — 44.0 p.p.m.; alcalinidade ao fenól (CaCO_3) — 0.0 p.p.m.; acidez (CaCO_3) — 27.0 p.p.m.; dureza total (CaCO_3) — 76.0 p.p.m.; cloretos (Cl) — 17.3 p.p.m.; CO_2 livre — 12.0 p.p.m.; sólidos totais dissolvidos — 120.0 p.p.m.; dissolvidos volateis 56.8 p.p.m.

Do ponto de vista da higiene, a poluição pode afetar diretamente a saúde pública si as águas forem contaminadas por germes patogênicos. Afetará o bem estar público e a salubridade pública, quando, embora não contaminando as águas por germes patogênicos, a poluição venha a constituir um entrave ao uso e gozo das águas como elemento de utilidade e de recreação. A poluição pode alterar o zoo e o fito-plancton das águas, provocando o desaparecimento dos peixes, que sucumbem ou migram em busca de um meio favorável às suas funções de nutrição e reprodução. Todos os esgotos, através de reações químico-biológicas, ocasionam, como já foi dito, depressões nas taxas de oxigênio dissolvido das águas onde são descarregados. Se as depressões são excessivas, prevalecem sobre as águas perigosas condições sépticas, que importa remover até um limite dentro de padrões sanitários toleráveis.

Os padrões toleráveis variam, como já vimos, com os usos específicos que às águas se atribue. Se existe a preocupação da defesa da vida aquática, o critério das taxas de limitação têm que girar em torno das exigências vitais dos organismos inferiores e superiores à preservar. Se a finalidade é a preservação da salubridade pública, entram em jogo não só os elementos da degradação das águas, mas também os de sua contaminação bacteriológica. Se finalmente se encara o bem estar e a salubridade pública, ha que se considerar neste caso a paisagem, a estética por assim dizer das águas, — agradáveis a vista, inócuas ao olfato, e propícias às recreações aquáticas. Não resta a menor dúvida de que o problema da cidade de São Paulo, devidamente ambientado, envolve todos os aspétos decorrentes desta ordem de idéias. Não se pode com efeito conceber o saneamento do rio Tietê, sem considerar conjuntamente a preservação da vida aquática, e a defesa da salubridade e do bem estar público.

O remédio corretivo para uma tal situação é precipuamente o tratamento dos esgotos da cidade.

Não basta entretanto apenas o tratamento dos esgotos da cidade para o saneamento do rio. A depuração dos elementos que o poluem terá que estender-se também aos resíduos industriais que são diretamente lançados no seu sistema hidrográfico, pelas maiores industrias de São Paulo. Estas descargas, cujo volume diário equivale a uma população de 150.000 pessoas, compõe-se de esgotos não sómente domésticos, como industriais os mais variados, estes últimos na sua maioria tóxicos, com demanda bioquímica (B.O.D. — 5 dias, 20°C.) oscilando entre 40.0 e 1500 p.p.m.. Tais descargas concentram-se particularmente no rio Tamanduateí, em cujo vale situa-se não só a mór parte do parque industrial paulista, como a totalidade das indústrias localizadas nas vizinhanças do seu município. Como consequência, o rio Tamanduateí apresenta-se, na embocadura do Tietê, em épocas de estiagem, com total depressão do oxigênio dissolvido, e taxas de B.O.D. que atingem 85.0 p.p.m..

Já existem métodos e processos definidos para a depuração de esgotos sanitários e industriais, dependendo a sua escolha do grau de purificação desejado. Os processos de tratamento podem ser resumidamente classificados em mecânicos, químicos e biológicos, podendo ser empregados sós ou combinados.

Os processos mecânicos constituem em geral um tratamento primário, para simples melhoria dos característicos físicos e químicos dos esgotos. Os processos químicos têm limitações no que concerne ao tratamento de esgotos sanitários, e são mais adaptáveis à depuração de esgotos industriais. Os processos biológicos, mais apurados, envolvem a cooperação de organismos vivos na elaboração do material instável dos esgotos. Os processos químicos e biológicos constituem, em via de regra, tratamentos secundários, exigindo o preparo preliminar dos esgotos pelos processos mecânicos. Embora já existam métodos e processos definidos para o tratamento de esgotos, e escolha de tipos ou sistemas para o fim preventivo ou corretivo da poluição, constitue sempre um problema específico local, que precisa ser previamente ambientado às condições que o cercam, afim de que as soluções preconizadas não pequem por exagero, ou não falhem por deficiências.

Não se pode generalizar. É preciso encarar cada caso em seus próprios detalhes, para que os tratamentos corretivos ou preventivos indicados sejam realmente racionais e equilibrados.

Para atingir esta finalidade o caminho traçado é a experimentação. É incontestável o valor da experiência na colheita de elementos básicos para a solução dos problemas de esgotos. O admirável adiantamento conseguido neste particular pela técnica sanitária, é fundado em observações e estudos experimentais, associados às pesquisas de laboratório, e levadas a efeito em instalações convenientemente preparadas para este fim. O valor da experimentação ainda mais se acentua, se considerarmos a multipla variabilidade dos fatores em causa, variabilidade que vai desde a composição do esgoto, o seu comportamento através das fazes que constituem os processos e sistemas de tratamento, até a sua influência sobre os complexos fenomenos que caracterizam a poluição dos cursos d'agua receptores.

As pesquisas abrangeram a coleta e utilização do gás e de esgotos, problema da cidade de São Paulo, foram efetuadas na estação experimental da Ponte Pequena. Nesta estação, operando em pequena escala, sobre esgotos mixtos da cidade, colhemos os primeiros informes relativos a composição dos esgotos e a decantação primária em decantadores convencionais, pços digesto-decantadores, e o classico tanque séptico. A pequena experimental forneceu-nos os primeiros resultados sobre os tratamentos secundários pelos lodos ativados e filtração biológica convencional, bem como sobre os fenomenos fundamentais da digestão dos lodos de esgotos e sua disposição final.

As pesquisas abrangeram a coleta e utilização do gás de esgotos, assim como a influência dos esgotos brutos e tratados, diluidos em

águas do rio Tietê, sobre a vida aquática. Na Ponte Pequena funcionou pela primeira vez um motor de combustão interna, alimentado a gás de esgotos, e produzindo energia elétrica, esta última utilizada na compressão de ar para o processo dos lodos ativados.

Com os elementos básicos colhidos na Ponte Pequena, projetou-se e construiu-se a Estação do Ipiranga. Esta estação foi construída com o fim principal de atender ao saneamento de um distrito do bairro do Ipiranga, com área aproximada de 2.5 quilômetros quadrados, e cuja rede de esgotos do sistema separador, destina-se a servir uma população de 34.000 habitantes, com contribuição média de 8.208.000 litros de esgotos diários. A descarga dos efluentes tratados é feita no rio Tamanduateí.

A estação do Ipiranga foi todavia calculada, desenhada, e construída para preencher uma segunda finalidade: abrir um campo mais extenso e completo para o prosseguimento e confirmação, em escala real, das pesquisas e observações preliminarmente estudadas na Ponte Pequena.

Experimentalmente (Fig. 3), a estação ópera dentro de três tipos gerais de depuração: primário, secundário químico e secundário biológico.

O primeiro tipo, que consiste na simples sedimentação mecânica do esgoto, pode ser operado na estação em três tipos de decantadores: Imhoff convencional, Dorr do tipo circular e alimentação central, e tanques retangulares do sistema "straight-line", sendo todos, com exceção do Imhoff, providos de coletores mecânicos de lodo.

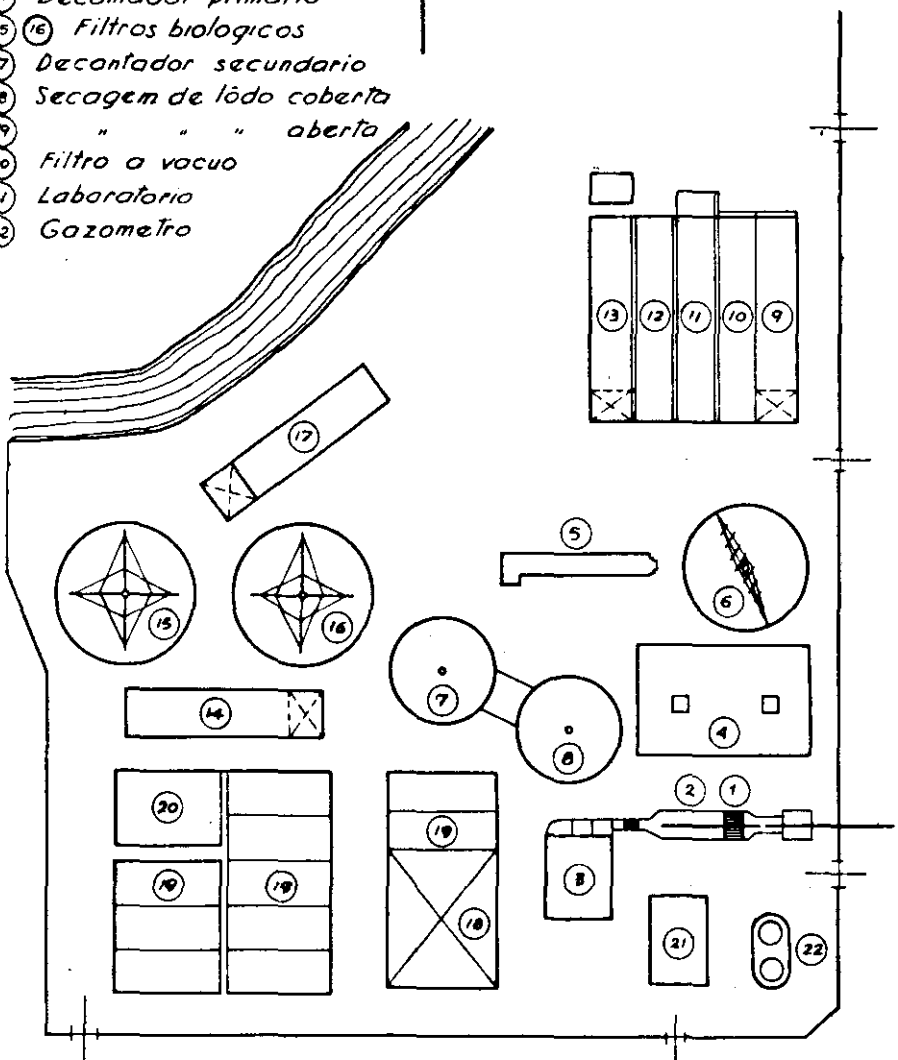
O tratamento químico é operado em equipamento mecanizado Dorr, composto de turbo-misturador, tanque de floculação, e decantador secundário circular. O tratamento biológico é do sistema de lodos ativados, do tipo de insuflação direta de ar. Todos os processos empregados na estação são precedidos de detenção da matéria mineral pesada, em caixa de arêia manual, e retenção de corpos flutuantes, em grades de barras também manuais. Constrói-se presentemente na estação um sistema para estudos detalhados dos processos de aeração e bio-filtração em todas as suas variantes e modalidades. Este sistema compõe-se de decantadores primário e secundário retangulares mecanizados, e dois filtros fechados com ventilação forçada, e dotados de distribuidores rotativos. Esta instalação está calculada para capacidade de 4.320.000 litros por dia.

Os esgotos de São Paulo podem ser considerados do tipo de concentração normal, com a seguinte composição média em partes por milhão: — sólidos totais 550.0, volateis 330.0; sólidos em suspensão 195.0; volateis 120.0; sólidos dissolvidos 355.0; volateis 220.0; nitratos 5.6; amoníaco albuminóide 6.1; amoníaco salino 14.9; corpos decantáveis 3.0 cc. A temperatura média anual do esgoto é de 20°C, e o pH entre 6.0-8.0. O B.O.D. — 5 dias — 20°C. médio é de 300.0 p.p.m. com um máximo de 425.0 e um mínimo de 25.0 p.p.m.

- ① Grade
- ② Caixa de Areia
- ③ Casa de Bombas
- ④ Tanque Imhoff
- ⑤ floculador
- ⑥ Decantador secundario
- ⑦ Digestor primario
- ⑧ Digestor secundario
- ⑨ Decantador primario
- ⑩ ⑪ ⑫ Aeradores
- ⑬ Decantador secundario
- ⑭ Decantador primario
- ⑮ ⑯ Filtras biologicos
- ⑰ Decantador secundario
- ⑱ Secagem de lodo coberta
- ⑲ " " " aberta
- ⑳ Filtro a vacuo
- ㉑ Laboratorio
- ㉒ Gazometro

TIPOS ORDINARIOS DE TRATAMENTO

UNIDADES	TRATAMENTO
1-2-4	PRIMARIO
1-2-4-5-6	QUIMICO
1-2-9-10-11-12-13	LÔDOS ATIVADOS
1-2-14-15-16-17	AERO E BIOFILTRAÇÃO
7-8	DIGESTÃO DOS LÔDOS
18-19-20	DESHIDRATAÇÃO DOS LÔDOS
22	UTILIZAÇÃO DO GAZ



ESQUEMA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO IPIRANGA

Fig. 3

Os métodos de laboratório são os padronizados norte-americanos.

A vazão máxima dos esgotos atinge sensivelmente 150% da vazão média, e a mínima 50% da média, funcionando a estação proxima-mente 12 horas com o afluente acima da média, e 12 horas abaixo desta. Como já foi dito, todos os procesos experimentados na estação são precedidos de detenção de material mineral pesado em caixa de areia, e retenção de matéria flutuante em grades de barras.

A caixa de arêla é de limpeza manual, tipo retangular convencional, com secção transversal para escoamento com velocidade média de 30 centímetros por segundo, e detenção de 30 segundos. O material retido orça em cêrca de 0.003% do volume do esgôto afluente, e apresenta-se com grandes variações de materia volatil, entre 3,1% e 91,1%, em amostras tomadas respetivamente a 0.50 e a 6.0 metros da entrada da caixa. As taxas de humidade variam entre 18.1% e 44.3%. A caixa de arêla do Ipiranga vai ser corrigida de sua precariedade pela adopção de um sistema de mecanização, destinado a melhorar as condições do material retido, e facilitar o respetivo serviço de limpeza. As caixas manuais, com vertedor Parshall, desenhadas em base da curva de sedimentação de particulas minerais e orgânicas normais dos esgotos, dão todavia resultados satisfatórios nas pequenas instalações de tratamento operadas pela estação do Ipiranga.

As grades de barras são também manuais, do tipo convencional, com aberturas de 2.5 centímetros.

O material flutuante retido compõe-se principalmente de estôpas (17.5%), papeis (13.5%), panos (15.0%) e materiais diversos (54.0%). As porcentagens são em base gravimétrica do material sêco ao ar, com perdas de humidade entre 56.0% e 67.0%. A matéria volatil dêstes materiais varia entre 82.% e 92.2%, base sêco a 105°C. A taxa "per capita" varia, confôrme os bairros da cidade, entre 2.0 e 4.0 gramas. Os decantadores primários, com detenção média de 1.5 horas, oferecem reduções também médias, de 33.0% no B.O.D. e traços de gás sulfidrico. As diferenças de eficiência entre os tipos de decantadores da estação são minimas, de sorte que a aplicação desses tipos resume-se a uma questão de condições econômicas ou convencionais locais.

A unidade Imhoff da estação é inteiramente fechada. Este dispositivo resultou da observação sôbre as crôstas de espuma, formadas nos tanques abertos, sob as variações do nosso clima. Os inconvenientes da formação dessas crôstas, e da sua penôsa remoção, desapareceram, e a cobertura facilitou consideravelmente a captação do gás. O tanque Imhoff do Ipiranga funciona ininterruptamente ha 9 anos, sem que se tenha preciso remover qualquer crôsta de espuma. Esta última é fluida, de côr negra, com tódos os carateristicos dos lódos digeridos, e desagrega-se lentamente, depositando-se na câmara de digestão. Os lódos frescos coletados na estação têm, em média 95.0% de humidade, e 55.0% de materia volatil, base sêcos a 105°C. Correspondem a uma taxa média "per capita" de cêrca de 0.70 litros, com 95.0% de humidade.

O tratamento por precipitação química foi condicionado de modo a preencher nas experimentações do Ipiranga, dois planos básicos de operações: em série, com o esgoto passando primeiro pela decantação primária, e depois através do turbo-misturador, floculador e decantador final; e operação em paralelo, no qual o esgoto passa primeiro no turbo-misturador, depois no floculador, e finalmente uma metade em cada bacia de decantação. No primeiro plano o lodo químico pode ser total ou parcialmente retornado à decantação primária, transserindo-se o lodo mixto aos digestores; no segundo plano foi previsto um retorno de lodo químico até 50%, e 50% à digestão. O problema maior no tratamento químico é a seleção de um coagulante capaz de, sob uma dosagem constante, cobrir satisfatoriamente a curva das variações do pH do esgoto afluente, sem ajustamento desse pH, difícil e oneroso, dada a sua instabilidade nos esgotos domésticos. Das experimentações resultou logo que a operação em série era a preferível para o Ipiranga. A floculação direta do esgoto bruto (operação em paralelo), aliás desintegrado pelo bombeamento, exigia sempre as mesmas quantidades de coagulante requeridos pelos esgotos pre-decantados, de sorte que a operação em série se mostrou a mais racional.

Tentou-se o ajustamento do pH para sais de ferro e sulfato de alumínio como coagulantes, abandonando-se tal procedimento, dada as frequentes variações da reação do esgoto, e dificuldades no respectivo controle.

O clorureto ferrico e sulfato ferroso, sem ajustamento do pH do esgoto, em dosagem entre 10 e 50 p.p.m. oferecem reduções de proxima-mente 30 — 35% nos sólidos totais, e 55% — 65% no B.O. D. com baixa melhoria entretanto na turbidez. O retorno intermitente do lodo químico à decantação primária, em quantidades variando entre 5% e 20%, melhora o processo de decantação, não tendo porém influência digna de nota na economia do coagulante. Atualmente a estação está operando a precipitação química em série, sobre esgoto pre-decantado, sem lodos de retorno, desenvolvendo-se a operação com médias de 1.5 minutos de turbo-misturação, 20 minutos de floculação, e 1½ horas na sedimentação secundária. O coagulante empregado é o sulfato de alumínio, em doses variando entre 50.0 e 100.0 p.p.m., dosagens estas que cobrem com certa tolerancia a curva das variações do pH comum aos nossos esgotos. Com este tipo de operação obtem-se remoções de cerca de 25% nos sólidos totais, 45% na materia volátil e reduções até 55% no B.O.D. A turbidez do efluente final deixa sempre a desejar.

Melhores resultados são obtidos com os sais de ferro, mas estes coagulantes, além de difícil obtenção, são de preços elevados entre nós, de sorte que o seu emprego é pouco econômico, mesmo considerando-se suas menores dosagens. Além disso, a precipitação química, pelos resultados finais que apresenta, mostra-se de aplicação bastante restrita no tratamento de esgotos sanitários, a não ser em casos específicos locais, nos quais um tratamento intermediário entre o primario e o biologico,

satisfaça as condições sanitárias exigidas. Já o mesmo não sucede no caso de resíduos industriais, onde a precipitação química, associada aos processos mecânicos, tem larga e corrente aplicação, como tratamento propriamente dito, e como processo de recuperação industrial.

O tratamento pelos lodos ativados é operado em um sistema independente (Fig. 3), composto de decantadores primário e secundário, e três camaras paralelas de aeração, com capacidade global de 2.592.000 litros de esgotos por dia.

Os decantadores são retangulares, com coletores mecânicos de lodo, períodos de detenção média de 1½ horas no primário, e 2.0 horas no secundário. Os tanques de ativação são do tipo de escoamento em espiral (Spiral-flow), e foram calculados para períodos de aeração podendo variar entre 2-4 e 6 horas. O ar é fornecido por dois grupos compressores de 250 pés cúbicos cada um, à pressão inicial de 6 libras. A difusão do ar é feita através de placas porosas, de 12" x 12", dispostas em canaletas difusoras laterais, pre-fabricadas em concreto, e colocadas em fila singela. As placas porosas são de permeabilidade 34, e cobrem uma superfície de difusão equivalente a 7,5% da área útil das unidades de ativação, sendo a vazão útil de cerca de 1.01 metros cúbicos de ar por metro quadrado de superfície difusora, em escoamento máximo. O lodo ativado de retorno é distribuído aos aeradores, após mistura com o esgoto afluente, em uma camara misturadora, onde ha uma detenção média de 10 minutos. Este sistema fornece-nos esgotos misturados homogenios e bem condicionados para a fase de aeração. Depois de longo periodo de experimentações e adaptação, fixamos o trabalho normal da instalação de lodos ativados da estação dentro de 6 horas de aeração relação ar-esgoto 4.0: 1.0 litros, e 15% de lodo de retorno, operando-se os aeradores paralelamente. Sob este regime o esgoto misturado apresenta-se em médias, com 527.0 p.p.m. de sólidos totais em suspensão, e 284.0 cc de lodos por litro, após 30 minutos de sedimentação. O lodo de retorno tem médias de 1.300 a 1.600 p.p.m. de sólidos totais. O índice do lodo (Mohlman) é bastante variável, mantendo-se entre 150 e 300. O lodo humido dos aeradores, após 30 minutos de sedimentação acusa uma taxa gravimétrica de 98-99 gramas por 100 centímetros cúbicos, com cerca de 0.1 — 0.2 gramas de matéria volátil após dissicacão a 105°C. A humidade do lodo ativado fresco, coletado na sedimentação secundária, eleva-se a 98,5% — 99,5%, oscilando a matéria volátil entre 80% — 83%. A taxa de oxigênio dissolvido tem se mantido nos aeradores, com cerca de 2.0 p.p.m. médios. O oxigênio dissolvido médio do afluente final, na descarga do decantador secundário, é de 1.7 p.p.m. A bio-floculação neste regime de operação é boa, com flócos bem formados e facilmente sedimentáveis.

As reduções obtidas sob este regime de trabalho são, em média, 55.0% nos sólidos totais, 75.0% na matéria volátil, 95.0% na turbidez e 85 a 95% no B.O.D.

Cerca de 50% dos lodos ativados excedentes são intermitentemente retornados à decantação primária.

A aeração do efluente final, operada na estação em escada, aumenta a taxa de oxigênio dissolvido de proximamente 230%. Este oxigênio dissolvido, como temos constatado, não tem uma influência imediata sobre a demanda bioquímica do efluente, mas é indubitável que favorecerá as condições da disposição final do esgoto no curso d'água, pelo suprimento de maiores taxas de oxigênio dissolvido às águas recetoras.

Os lodos mixtos coletados na estação são postos a digerir em digestores separados. A estação dispõe de dois digestores do tipo de cobertura fixa, equipados com tomadas de liquido sobrenadante a várias alturas, tomadas de amostras, dispositivos para a captação de gás, termografos, e um sistema de agitação do lodo por bombeamento.

Essas unidades podem funcionar em simples estágio e em multi-digestão. Presentemente estão ajustados para operação neste último sistema, com agitação periodica na fase primária, e repouso na secundária. A capacidade das unidades é de 55 litros "per capita". Esta capacidade, que incluye os lodos acrescidos dos tratamentos secundários, têm-se mostrado boa, em digestão ordinária, sem aquecimento artificial. A temperatura média anual de digestão é de 22.0°C, e os lodos digeridos apresentam-se invariavelmente negros, inodóros, reação entre 7,0 — 7,5, com humidade média de 97%, densidade média de 1.03, 55% — 60% de matéria volátil, e boa drenabilidade.

Os liquidos sobrenadantes contêm uma média de 1.195 p.p.m. de sólidos totais, com 585 p.p.m. de matéria volátil, B.O.D. médio de 568.0 p.p.m. e são retornados a decantação primária sem inconvenientes. As descargas são freqüentes, e proporcionais aos volumes de lodo fresco adicionados aos digestores. A taxa volumétrica de lodo digerido, com 97% de humidade, ascende a cerca de 0.2 litros "per capita", e a redução média da matéria volátil em digestão atinge a cerca de 60%. A secagem é operada ao ar, em leitos abertos e cobertos, formados de uma camada drenante de pedra britada de 0.05 metros de diâmetro, repousando sobre telhas de cimento furadas, a semelhança dos fundos dos filtros biológicos. Neste tipo de leitos de secagem consegue-se desidratar lodos normais digeridos em camadas que podem ir até 0.50 metros de espessura. As observações comparativas entre a secagem ao ar, em leitos abertos versus leitos cobertos, mostraram que em nosso clima nenhuma vantagem oferece a cobertura dos leitos, processando-se mesmo a secagem nos leitos abertos em melhores condições do que no primeiro sistema. Dentro de condições atmosféricas normais os nossos lodos digeridos perdem ao ar cerca de 8% — 10% da humidade original, em 4 - 5 dias de secagem, podendo ser então manejados. Após 10 dias, nas condições especificadas, a redução da humidade atinge 27.8% — 30.0%. É comum retirar-se lodos dos leitos de secagem com 70% de humidade, taxa esta que se reduz até 30%, quan-

do o lodo é espalhado sobre o solo, podendo neste caso ser peneirado. A estação vem de receber um filtro a vácuo Oliver, de 5.0 metros quadrados, para experimentação deste tipo de secagem, com condicionamento prévio do lodo, e a sua montagem terá dispositivos para experiências de elutriação do lodo antes da secagem.

Os lodos digeridos secos do Ipiranga tem a seguinte composição média em seus elementos fertilizantes básicos: humidade 10.26% — matéria volátil — 43.12% — fosforo ($P_2 O_5$) 0.78%; potássio (K_2O) 0.22%; cal (CaO) 1.18%; azoto (N) 2.84%, e têm sido experimentados com algum sucesso como adubos.

O gás produzido na estação é coletado e armazenado em dois pequenos gazômetros flutuantes, a pressão de 2.5 libras, de onde é distribuído para usos de laboratório, e utilização em um motor experimental de combustão interna, de 15 cavalos, acionando um alternador de 10 kilowatts, e gerando energia elétrica que é consumida na estação. O gás dos esgotos do Ipiranga contém, em média: CH_4 64.5%; CO_2 17.5%; N 13.0%; H 2.0%; CO 1.8%. O poder calorífico inferior médio é de 5.300 calorias por metro cúbico. A produção varia entre 25-30 litros "per capita". O consumo por cavalo-hora é de 375-500 litros, conforme a carga útil no grupo termo-elétrico e o poder calorífico atual.

As unidades para o processo biológico de aeração filtrada atualmente em construção na estação do Ipiranga, foram calculadas e desenhadas sob elementos básicos colhidos da experimentação em aerofiltro, construído e operado pela estação em uma instituição privada com 2000 pessoas.

Os filtros são inteiramente fechados, com ventilação forçada de cima para baixo, por meio de ventiladores individuais montados sobre a cúpula de cobertura. O meio filtrante é constituído por pedra britada, distribuída em três camadas de diâmetros decrescentes de baixo para cima, e com altura útil de 3.0 metros. A distribuição do esgoto afluente é feita por meio de distribuidores rotativos comuns, e a alimentação pode ser contínua ou intermitente.

A carga básica do B.O.D. deduzidas das experimentações, é de 1.0 quilograma por metro cúbico de meio filtrante, obtendo-se a capacidade de 5 metros cúbicos de esgotos decantados, com 200 p.p.m. de B.O.D. por metro cúbico de filtro, por dia. A ventilação forçada é da ordem de 20 litros de ar por litro de esgoto.

As reduções do B.O.D. com este tipo de filtro, variam entre 88% — 95%, havendo ainda ausência prática de odores, e particularmente da mosca *psychoda*, comum aos filtros abertos.

Os filtros do Ipiranga estão porém projetados de forma a se poder ensaiar não só a aeração filtrada, como a bio-filtração em todas as suas modalidades, em camadas filtrantes e cargas de B.O.D. variáveis. Os elementos colhidos destes processos terão a sua aplicação na estação de tratamento planejada para o vale do rio Pinheiros.

Os resultados colhidos das experimentações nos permitem assumir, para o efluente tratado da cidade de São Paulo, em ciclo completo, com tratamento biológico na faze secundária, e a ser descarregado no rio Tietê, um padrão para o B.O.D. final, — digamos, para não sermos otimistas — 50 p.p.m., e uma concentração de oxigênio dissolvido de 3.5 p.p.m., após aeração artificial. Estas taxas, repetimos, não são otimistas. Podem ser obtidas com segurança pelos processos biológicos aplicados aos nossos esgotos, especialmente pelos lodos ativados, em instalação bem planejada e bem operada.

É mesmo possível obter taxas menores de B.O.D. si se proceder, por exemplo, aos polimentos ordinariamente aplicáveis aos efluentes finais dos tratamentos completos.

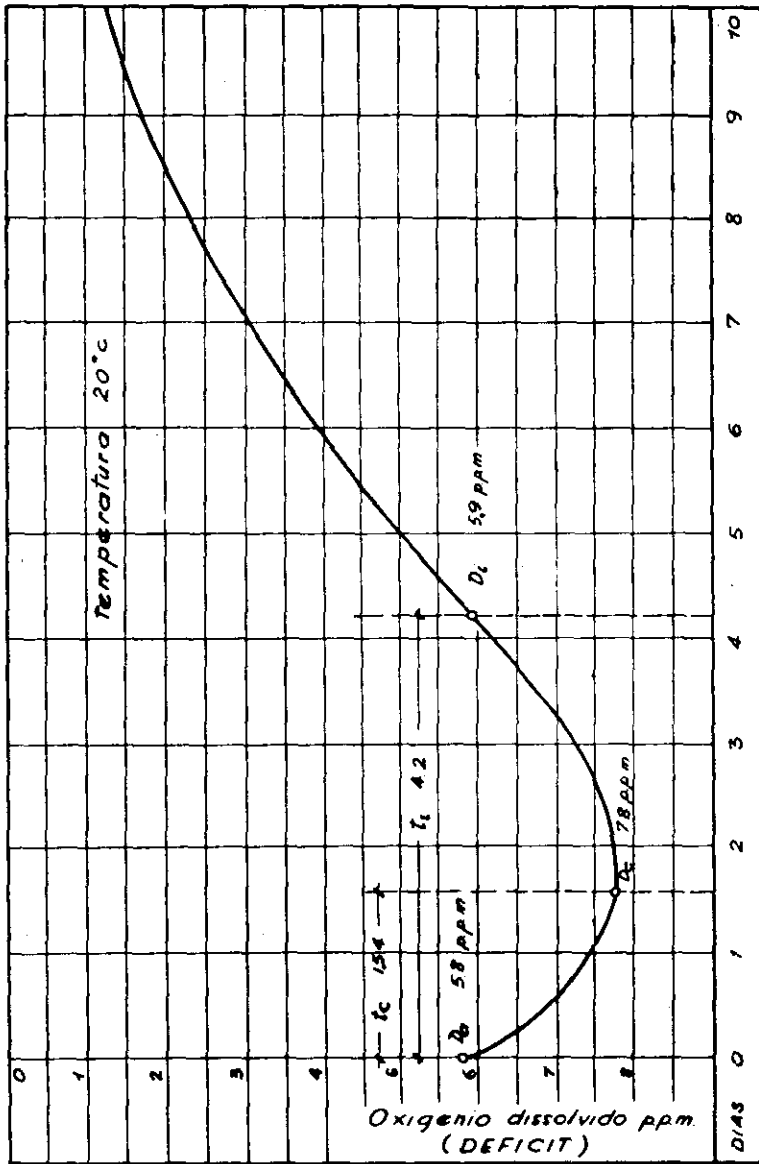
Das observações feitas durante dois anos sobre o rio Tietê, à montante e à jusante da zona das descargas dos esgotos da cidade, bem como dos seus afluentes, Tamanduateí e Pinheiros, pode-se assumir taxas médias de 6.2 p.p.m. de B.O.D, e 3.3 p.p.m. de O. D. para o rio Tietê, no local destinado a descarga dos esgotos tratados da cidade.

Estas taxas assumidas só serão porém reais, si se promover paralelamente com o tratamento dos esgotos de São Paulo, o saneamento das bacias dos rios Tamanduateí e Pinheiros, imitando as taxas dos elementos poluidores, contribuídos particularmente pelos residuos industriais.

Basta, para isso, que se faça cumprir rigorosamente os dispositivos das leis sanitárias em vigôr, repressivas da poluição dos cursos d'água em geral.

Com os elementos assumidos é possível dar uma idéia da curva teórica do oxigênio deficitário do rio Tietê (oxigen sag) após o tratamento total dos esgotos da cidade, em função do tempo de trânsito e dos respectivos deficits de saturação, assumindo-se para fixar a idéia, um volume de esgotos de 5.0 metros cúbicos por segundo médios, equivalente a uma população esgotada de proximamente 1.500.000 habitantes, e uma vazão predominante anual do rio, de 12 metros cúbicos por segundo. Admite-se assim no cálculo da curva, esgotos tratados com 50.0 p.p.m. de B.O.D. e 3.5 p.p.m. de O.D. e médias anuais de 6.2 p.p.m. de B.O.D. e 3.3 p.p.m. de O.D. para o rio, no ponto das descargas, após a devida correção sanitária das bacias hidrográficas dos rios Tamanduateí e Pinheiros. Chega-se aos seguintes resultados, à temperatura básica de 20°C, ou seja uma saturação normal de oxigênio dissolvido de 9.2 p.p.m. e coeficientes aplicáveis ao rio.

Demanda inicial	— 27.74 p.p.m.
Deficit inicial em O.D.	— 3.8 p.p.m.
Tempo de ocorrência do deficit crítico	— 1.54 dias
Deficit crítico do O.D.	— 7.8 p.p.m.
Tempo da ocorrência inicial da inflexão da curva do O.D.	— 4.2 dias
Difícit do O.D. no ponto de inflexão	— 5.9 p.p.m.



Curva teorica da depressão do oxigenio (oxigen sag.) do RIO TIETE com Esgotos Tratados ate B.O.D 50 p.p.m. População assumida 1500.000 hbs.

Fig. 4

Com estes dados é possível traçar, embora com precisão relativa, a curva da Fig. 4, representativa das condições do rio Tietê, após diluir os esgotos tratados da cidade, em ciclo total, para uma população assumida de 1.500.000 habitantes, contribuindo para as suas rédes sanitárias com 5.0 metros cúbicos de esgotos por segundo. O ponto de deficit crítico ocorrerá à cêrca de 32.0 quilômetros do local das descargas, pelo curso do rio.

Ao concluir esta breve exposição, queremos frizar que a estação experimental do Ipiranga, não pode ter a pretensão de ser perfeita no seu genero. *Home made*, ou melhor — feita quasi totalmente com a *prata de casa*, é natural que ela se resinta de certos aperfeiçoamentos, principalmente de mecanização.

O seu mérito — si é que ela o tem, consiste justamente em ter sido feita com os próprios recursos do momento. Tem-nos prestado, não obstante, preciosos serviços, permitindo-nos uma visão verdadeiramente objetiva do problema sanitário de São Paulo, e fornecendo-nos os elementos básicos, para a solução desse magno problema.

Nem foi para outro fim que lhe lançamos o fundamento.

São Paulo não tem ainda o tratamento dos seus esgotos, por motivo das dificuldades criadas, durante quasi cinco anos, pela conflagração mundial. Essas dificuldades, que ainda permanecem em parte, vêm sendo porém removidas, de sorte que dentro em breve a cidade de São Paulo terá os seus esgotos tratados, e saneados os rios que banham os seus arredores.