

Balço de Oxigênio nos Principais Rios, das Bacias do Piracicaba e Jundiá

HIDEO KAWAI(*)

SINOPSE

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar um processo que permite avaliar, de maneira simples e prática, o balanço de oxigênio nos principais rios das bacias do Piracicaba e Jundiá, que constituem áreas prioritárias fixadas pelo atual Governo do Estado de São Paulo, no programa de controle e combate à poluição das águas.

Nesse estudo foi sugerida a aplicação de uma fórmula, baseada no conceito do balanço total de oxigênio fornecido e consumido, num determinado trecho de rio. Foram, ainda apresentados e discutidos métodos necessários à determinação dos parâmetros de fórmula proposta.

GENERALIDADES E OBJETIVOS

Graças à situação geográfica privilegiada em relação ao maior mercado consumidor do país que é a cidade de São Paulo, aliada às excelentes condições de clima e natureza do solo, as bacias do Piracicaba e Jundiá estão em franco desenvolvimento, constituindo um grande potencial industrial.

As margens dos 6 (seis) principais rios dessas bacias, a primeira com 12.500 km² e a segunda com 1.196 km², vivem, respectivamente, cerca de 1.200.000

e 215.000 habitantes. A extensão e vazão desses rios são apresentados na Tabela I.

Acham-se localizados na bacia do Piracicaba 40 municípios e 3.900 indústrias, e na do Jundiá 5 municípios e 700 indústrias. O gráfico anexo representa um sumário da aglomeração populacional e industrial nos diferentes municípios.

(*) Limnologista do Setor de Estudo e Pesquisa do Centro Tecnológico de Saneamento Básico — CETESB. São Paulo.

TABELA I

RIO	EXTENSÃO (Km)	VAZÕES	PÓSTO FLUVIOMÉTRICO
		(m ³ /s) (de 10/1945 a 9/1965) (mim. mensal)	
Bacia Piracicaba			
Atibaia	193	18,4	Des. Furtado
Camanducaia	103	7,9	Guedes
Corumbataí	83	—	—
Jaguari	150	18,9	Jaguariúna
Piracicaba	185	61,4	Piracicaba
Bacia Jundiá			
Jundiá	95	3,8	Itupeva

Fonte: (7) e (10)

Dos 46 municípios das duas bacias, 35 possuem rês de esgôto, sendo que a maioria lança seus despejos diretamente nos rios principais ou afluentes.

A bacia do Piracicaba acha-se comprometida especificamente pela poluição produzida por mais de 120 indústrias de cana de açúcar que lançam seus despejos nas épocas de safra, provocando consideráveis alterações das características dos rios.

Por outro lado, em ambas as bacias, vários dos principais municípios utilizam êsses rios como mananciais de abastecimento de água, outros efetuam estudos para sua utilização.

O crescimento demográfico e o desenvolvimento industrial, futuramente, irão acelerar as relações paradoxais entre o aumento do grau de poluição das águas e a concomitante necessidade de sua maior utilização para abastecimento.

O Governo do Estado, através do FESB, acha-se empenhado, atualmente, em solucionar os problemas causados pela poluição nas referidas bacias, incluindo, como parte de suas atividades, um intensivo programa de pesquisas no Piracicaba e Jundiá, que será levado a efeito pelo convênio FESB (CETESB) — DAEE.

O presente trabalho constitui uma nota prévia, sugerindo um método de avaliação da capacidade de auto depuração dos rios referidos, baseada em dados reunidos nos poucos meses de trabalho de campo e de laboratório realizados.

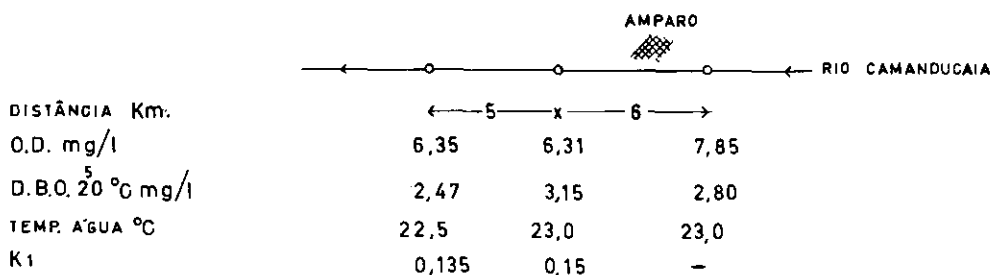
CONDIÇÕES ATUAIS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NOS PRINCIPAIS RIOS

São apresentados esquemáticamente nos gráficos 1 a 5 os resultados de duas determinações realizadas nos meses de março e abril de 1969 nos principais pontos de coleta de amostra. Foram escolhidos entre as várias determinações, somente os valores médios de O. D., D. B. O., temperatura da água e coeficiente K_1 , por serem os dados que mais interessam à avaliação do balanço de oxigênio. Durante o período de coleta das amostras, predominou forte estiagem e as vazões das águas dos rios mais importantes apresentavam-se iguais ou inferiores às mínimas mensais dos anos anteriores.

A seguir, com base nos resultados obtidos nas análises acima, é apresentado um resumo da situação atual das águas quanto à qualidade.

Nos rios Atibaia, Piracicaba, Jaguari e Camanducaia, o grau de poluição é baixo, mostrando rá-

CONDIÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO CAMANDUCAIA
Gráfico N.º 1



MUNICÍPIOS E D INDUSTRIAL DAS

(fonte I. I.)

○ ANALANDIA

○ CORUMBATAÍ

RIO CLARO

○ IPEÚNA

○ STA. GERTRUDES

○ CHARQUEADA

○ CORDEIRÓPOLIS

○ SÃO PEDRO

○ LIMEIRA

○ STA. MARIA DA SERRA

○ AGUAS DE SÃO PEDRO

○ IRACEMÁPOLIS

○ ARTUR NOGUEIRA

○ STO. ANTONIO DO POSSE

RIO PIRACICABA

○ PIRACICABA

RIO PIRACICABA

○ COSMÓPOLIS

○ JAGUARIÚNA

○ RIO DAS PEDRAS

○ AMERICANA

○ PAULÍNIA

○ PEDREIRA

○ NOVA ODESSA

RIO ANHUMAS

○ CAMPINAS

RIO CAPIVARI

○ VALINHOS

○ VINHEDO

○ INDAIATUBA

RIO TIETÊ

○ ITAICÉ

RIO JUNDIAÍ

○ OTUPEVA

○ SALTO

○ JUNDIAÍ

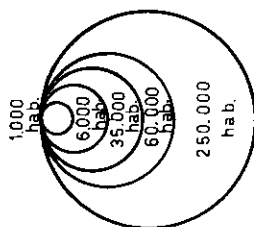
LEGENDA

Nº DE INDUSTRIAS

□ 50 Ind.

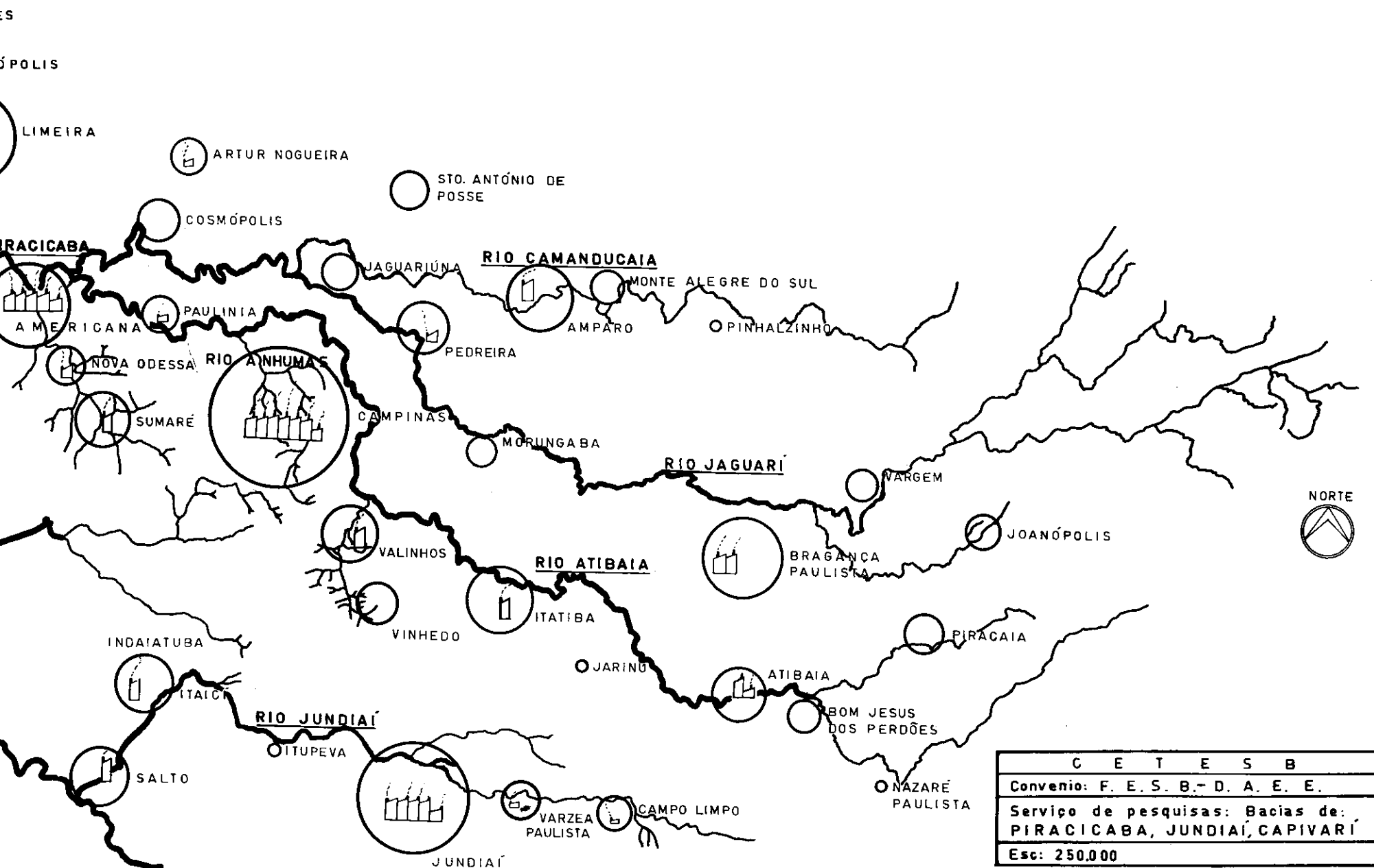
□ 100 Ind.

Nº DE HABITANTES

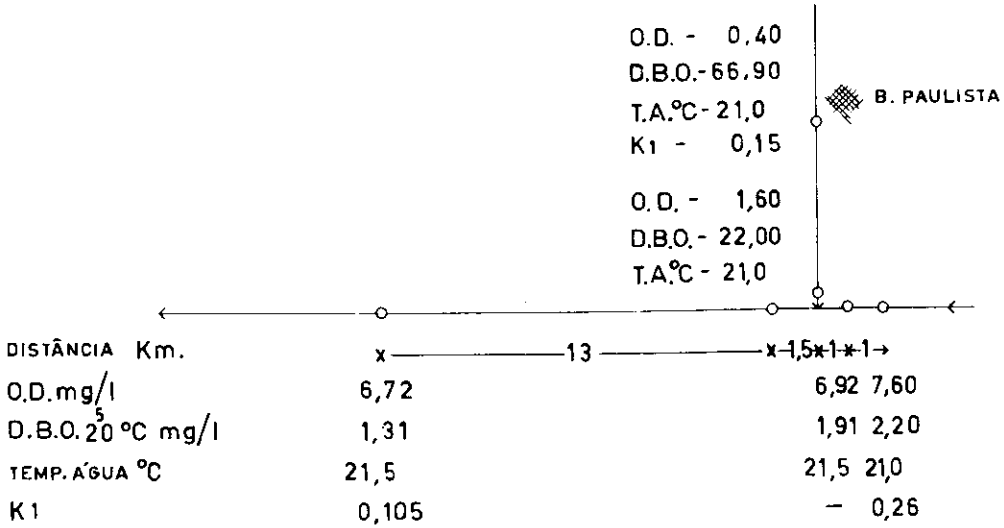


MUNICÍPIOS E DENSIDADES DEMOGRÁFICA E INDUSTRIAL DAS BACIAS DO PIRACICABA E JUNDIAÍ

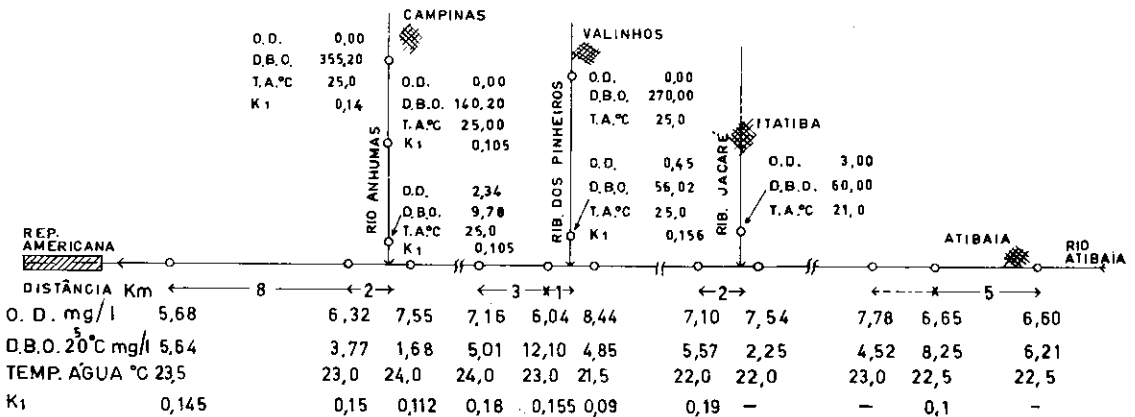
(fonte I. B. G. E. 1965 publicada em 1968)



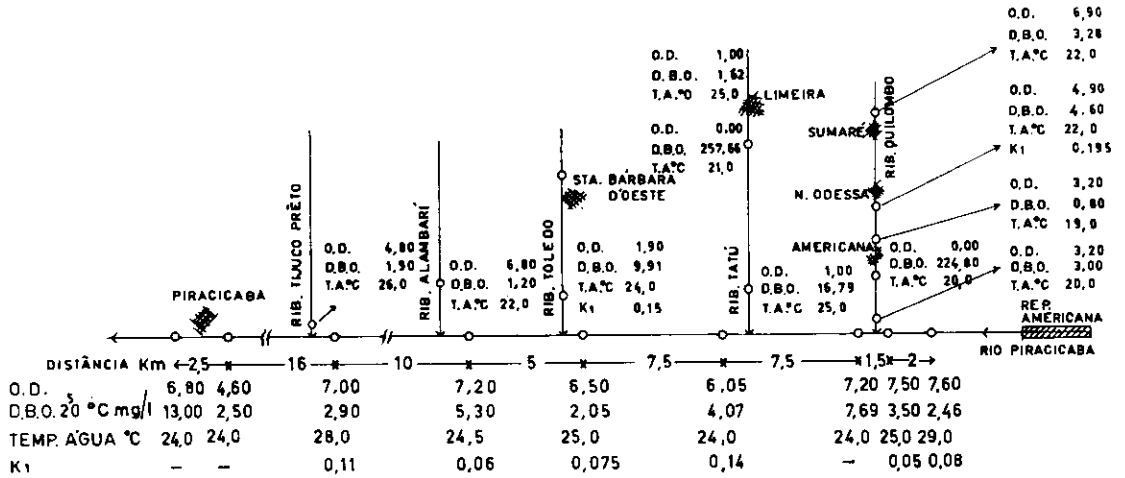
CONDIÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO JAGUARÍ
Gráfico N.º 2



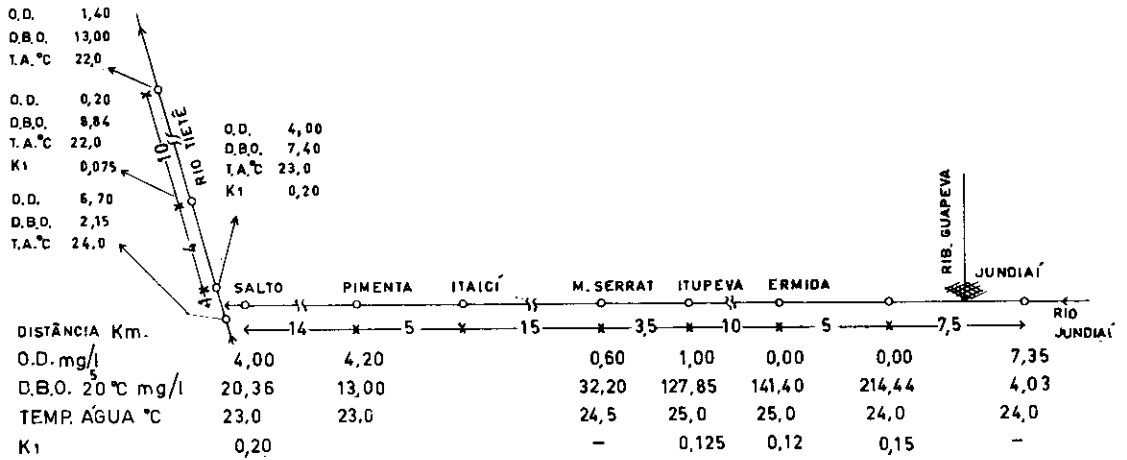
CONDIÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO ATIBAIA
Gráfico N.º 3



CONDIÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PIRACICABA
Gráfico N.º 4



CONDIÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO JUNDIAÍ
Gráfico N.º 5



pida recuperação após o recebimento nos despejos. Admite-se, pois, que a carga poluidora dos resíduos lançados por cada município é inferior à capacidade de auto-depuração naqueles rios, pelo menos no período em que foi efetuada a amostragem.

Deve-se levar em consideração, entretanto, o fato de que a maioria dos municípios industrializados da bacia do Piracicaba lança seus despejos nos rios acima referidos, através dos córregos, onde ocorre notável estabilização dos poluentes.

Por outro lado, o rio Jundiá apresenta aspecto semelhante ao do esgoto a céu aberto, ocorrendo condições anaeróbicas em cerca de 20 km de seu percurso. A cor da água é negra e o cheiro de gás sulfídrico é sentido até a alguns quilômetros à jusante da mesma cidade.

ESTABELECIMENTO DE BALANÇO DE OXIGÊNIO

Visando à obtenção de resultados mais práticos para avaliação do balanço de oxigênio nos principais rios das bacias em estudo, propõe-se a aplicação da seguinte equação:

$$Bo_2 = Ao_2 - (K_1L + P + I) t + \alpha t + K \left(C_s - \frac{Ao_2 + Bo_2}{2} \right) t. \quad (I)$$

Bo_2 = concentração de oxigênio dissolvido no ponto B;

Ao_2 = concentração de oxigênio dissolvido no ponto A;

K_1Lt = quantidade de D. B. O. processada durante o tempo t de percurso entre os dois pontos;

Pt = quantidade de oxigênio consumido pelo lodo durante o tempo t de percurso entre os dois pontos;

It = quantidade de oxigênio consumido pelas substâncias reductoras durante o tempo t de percurso entre os dois pontos;

αt = quantidade de oxigênio produzido pelas algas, durante o tempo t de percurso entre os dois pontos;

$K \left(C_s - \frac{Ao_2 + Bo_2}{2} \right) t$ = quantidade de oxigênio absorvido do ar atmosférico durante o tempo t de percurso entre os dois pontos.

A fórmula acima mostra que a concentração do oxigênio dissolvido no ponto B, representa o resultado da soma total das quantidades de oxigênio con-

sumido e fornecido, durante o tempo t , pela concentração de oxigênio dissolvido no ponto A, situado à montante do percurso considerado.

Esta equação permite, ainda, a introdução de outros fatores, como por exemplo, a do oxigênio de um aflente (expresso em miligramas de oxigênio introduzido em relação ao volume do rio receptor); a perda de oxigênio causada pela elevação de temperatura (considerada esta elevação como um fator de demanda térmica), etc.

A determinação de cada parâmetro da fórmula (I), baseia-se nos seguintes conceitos e métodos:

1. Consumo de oxigênio

1.1. Quantidade de oxigênio consumido pela matéria orgânica decomponível por ação bacteriana.

A velocidade da oxidação da matéria orgânica em uma determinada massa de água depende das características bioquímicas e físicas desta matéria orgânica, da sua diluição, das características químicas da água, da espécie e quantidade dos seres vivos encontrados nesta massa de água, bem como da temperatura. Portanto, quando um poluente é lançado ao rio, a velocidade de oxidação da matéria orgânica nêle contida, vai se modificando de acordo com o desenvolvimento da reação física e bioquímica durante o seu percurso.

Como método básico para avaliar a velocidade de oxidação da matéria orgânica, ou seja, o coeficiente de desoxigenação, denominado K_1 , vem sendo utilizada, há muito tempo, a equação da reação mo-

$$\text{nomolecular: } \frac{dL}{dt} = -K_1L$$

Calcula-se o coeficiente K_1 por essa equação, determinando no próprio rio a quantidade de matéria orgânica consumida, em determinado tempo de percurso. Ocorrem, porém, certas dificuldades neste modo de avaliação do coeficiente. Em primeiro lugar, a água do rio que contém matéria orgânica sedimentável ou flutuante, proveniente do lodo devido à turbulência da água, terá uma redução ou aumento da quantidade dessa matéria orgânica, prejudicando a avaliação do valor real da oxidação, durante o percurso considerado. Assim, num trecho do rio, onde há considerável sedimentação de matéria orgânica, é encontrado um valor de K_1 bastante alto, em consequência da remoção dessa matéria orgânica pela sedimentação e não pela oxidação.

A correção exata dos efeitos de sedimentação e flutuação, na referida equação, constitui trabalho de quase impossível realização, nas condições naturais reais.

Em segundo lugar, não se pode aplicar esta equação para cursos d'água em condição anaeróbica, como no caso do rio Jundiá e de alguns ribeirões da bacia do Piracicaba, em vista de ser a velocidade de oxidação da matéria orgânica limitada pela taxa de reeração.

Em 1950, MOORE e colaboradores (6), conseguiram desenvolver um método chamado "método do momento" que tornou possível determinar o valor de K_1 e D. B. O. final ("Ultimate B. O. D."), através dos resultados de D. B. O., obtidos em laboratório, em diferentes períodos de incubação, sem levar em conta o tempo de percurso da massa da água entre dois pontos determinados de um rio.

Por conseguinte, os valores de K_1 encontrados por esse método representam as velocidades de oxidação da matéria orgânica naqueles pontos do rio em que foram coletadas as amostras, onde a matéria orgânica estava sofrendo constantemente a variação física e bioquímica. Não havendo, pois, necessidade de eliminar o efeito de decantação e de flutuação, pode-se avaliar a quantidade de oxigênio consumido pela ação bacteriana, em determinado trecho do rio (K_1Lt), efetuando coletas de amostras nos diversos pontos desse rio. Da mesma forma, não há dificuldade para essa avaliação em águas anaeróbicas, uma vez que este método permite utilizar o procedimento técnico da D. B. O. no laboratório, através de diluição.

Para se estabelecer correlação entre a temperatura aplicada ao "método do momento" (20°C) e a temperatura da água do rio, adota-se o coeficiente de correção, $\Theta = 1,026$, sugerido por Moore. De acordo com as observações acima, julgamos conveniente aplicar o "método de momento" para a determinação de K_1L na fórmula (I).

1.2. Quantidade de oxigênio consumido pela nitrificação.

Encontra-se normalmente nos despejos, quantidade de bactérias nitrificantes e, proporcionalmente, uma reprodução lenta, com tempo de "lag" mais ou menos prolongado, até que o número de bactérias aumenta suficientemente para provocar a ação ativa da nitrificação. Por essa razão, é aceito, em geral, no caso de esgoto doméstico, o conceito de que o consumo de oxigênio pela nitrificação é iniciado depois de efetuada a maior parte da oxidação da matéria carbonácea, isto é, cerca de dez dias após o início da oxidação.

Considerando o tempo de percurso mais longo do rio após o recebimento de despejos dos principais rios das bacias de Piracicaba e Jundiá (cerca de 5 a 6 dias entre as cidades de Atibaia e Piracicaba), será razoável desprezar-se a parcela de oxigênio

consumido pela nitrificação nos mesmos rios. Por esse motivo, foi eliminado o parâmetro de nitrificação na fórmula (I).

Será, porém, importante realizar as determinações de amônia, nitrito e nitrato nos referidos rios. Conforme as suas condições, há possibilidade de ocorrer conjuntamente as duas reações de decomposição carbonácea e a de nitrificação, uma vez que não há incompatibilidade entre ambas (8). Além da nitrificação, em condições aeróbicas, é fundamental ainda, para o balanço de oxigênio dos rios, a desnitrificação que ocorre em condições de anaerobiose.

1.3. Quantidade de oxigênio consumido pelas substâncias redutoras (I).

A avaliação da quantidade de oxigênio consumido pelas substâncias redutoras, como por exemplo: sulfitos, gás sulfídrico, sal ferroso e algumas substâncias orgânicas contidas principalmente nos despejos dos municípios industrializados dessas bacias, poderá ser feita de maneira simples e prática, através do método de "demanda de oxigênio imediato" (2), que permite determinar o consumo de oxigênio global de todos os elementos redutores dos despejos.

A reação de oxidação destes elementos é imediata, pois se conclui no primeiro estágio da oxidação dos despejos diferindo da reação biológica. Portanto, a participação dos elementos redutores (parâmetro I) no balanço de oxigênio nas bacias é limitada somente aos ribeirões ou ao primeiro trecho dos rios principais, onde são recebidos os despejos.

1.4. Quantidade de oxigênio consumido pela decomposição da matéria orgânica do lodo (P).

O mecanismo de consumo de oxigênio pelo lodo difere da oxidação bioquímica na água, sendo especificamente denominado por Fair e colaboradores de "decomposição bentônica" (3). Isto significa que a oxidação aeróbia direta da matéria orgânica sedimentada é limitada devido às progressivas acumulações de materiais sedimentáveis.

Por outro lado, o produto solúvel produzido pela decomposição anaeróbica no interior do lodo é deslocado gradativamente para a superfície desse lodo, onde sofre oxidação aeróbia provocando demanda de oxigênio.

Apesar da dificuldade para determinação exata do consumo de oxigênio pelo lodo, uma vez que o processo de decomposição é tão complexo em condições naturais, o método empregado no estudo do estuário do Tâmsa, na Inglaterra (4), poderia ser adotado na obtenção de valores aproximados.

O procedimento consistiria em colocar em um frasco, certa quantidade de lodo proveniente de um rio, controlando a temperatura. Mede-se, então, o

consumo de oxigênio em determinado tempo e área superficial. Isto pode ser realizado através das diferenças de concentração do oxigênio dissolvido na entrada e saída do frasco, cuja vazão é controlada.

2. Fornecimento de oxigênio

2.1. Quantidade de oxigênio absorvido através de uma determinada superfície de água:

$$K \left(C_s - \frac{A_{O_2} + B_{O_2}}{2} \right)$$

Existem várias fórmulas empíricas, simplificadas, para avaliar a taxa de reeração da água nos rios. Entretanto, a maioria delas não pode ser aplicada diretamente a qualquer rio que se encontre poluído. Há necessidade, então de ser introduzida uma correção para atender a oxidação bacteriana, a fotossíntese, a presença de detergentes, sabão, óleos e graxas, etc.

Como foi explicado anteriormente, na definição da fórmula I, deve-se avaliar qual a quantidade de oxigênio do ar que é absorvida por determinado volume de água do rio. Essa determinação poderá ser feita da seguinte maneira: no caso da água pura, a taxa de absorção (K_2) de uma massa de água é proporcional ao seu deficit de saturação de oxigênio, isto é, à diferença entre a concentração máxima possível, a uma dada temperatura e a concentração presente a essa mesma temperatura ($C_s - C$). ADENEY e BECKER (1) estabeleceram esta relação em função do tempo na seguinte equação:

$$\frac{dc}{dt} = K_2 (C_s - C) \quad (II)$$

Esta equação, porém, representa apenas a proporção de variação da concentração de oxigênio na água onde não há consumo nem produção por reações bioquímicas. É preciso, então, suplementar a equação volumetricamente e bioquimicamente..

Considerando que sejam suficientes a conformação hidráulica e a velocidade da água dos rios, nas bacias do Piracicaba e Jundiá, para manter uniformemente a mesma concentração de oxigênio da superfície da água, em todo o seu volume, a taxa do aumento da concentração de oxigênio dissolvido por um determinado volume de água, será proporcional à superfície (A) de contato deste volume com o ar atmosférico e não proporcional ao volume. Portanto, a taxa de passagem de oxigênio (f), pode ser expressa através da seguinte relação:

$$f = \frac{V}{A} K_2 \quad (III) \quad \therefore \quad K_2 = \frac{A}{V} \quad (III')$$

Substituindo-se K_2 de (III'), na fórmula (II), virá:

$$\frac{dc}{dt} = f \frac{A}{V} (C_s - C) \quad (IV)$$

Por outro lado, a taxa do deficit de saturação no rio varia de acordo com o consumo de oxigênio pela ação bacteriana e a produção de oxigênio pelas algas. Expressando por b o valor médio da variação de oxigênio das duas reações bioquímicas acima, para um determinado trecho do rio, a equação (IV) deve ser modificada para:

$$\frac{dc}{dt} = f \frac{A}{V} (C_s - C) - b \quad (V)$$

Aplicando os símbolos C_1 e C_2 às concentrações de oxigênio dissolvido em dois pontos e substituindo

$\frac{A}{V}$ por K, pode-se integrar a equação (V) em:

$$\ln \frac{K (C_s - C_1) - b}{K (C_s - C_2) - b} = Kt \quad (VI)$$

$$\frac{K (C_s - C_2) - b}{K (C_s - C_1) - b} = e^{-Kt} \quad (VI')$$

No caso de condição anaeróbica, no primeiro ponto do trecho do rio, C_1 será igual a zero.

A solução da equação (VI') está condicionada a várias determinações "in natura", em alguns trechos dos rios das bacias, de extensão relativamente curta, e que sejam sensíveis às variações do "deficit" de oxigênio, ocasionadas pelo recebimento de despejos. Essas determinações compreendem: levantamento da seção transversal, medida de superfície e velocidade da água, nos trechos escolhidos, medida dos parâmetros C_1 , C_2 e b, através do método dos frascos opacos e transparentes. Será conveniente ainda utilizar-se, como tempo de incubação, o mesmo tempo de percurso, realizado as coletas de amostras com intervalo de alguns minutos, durante algumas horas, a fim de se obterem valores constantes.

Nos rios que apresentam condições anaeróbicas, como por exemplo o Jundiá e alguns ribeirões, deve-se pesquisar certos trechos, onde há mudança da condição anaeróbica para aeróbica.

2.2. Quantidade de oxigênio produzido pelas algas α

A capacidade de produção de oxigênio pelas algas varia com os sais nutrientes presentes, com a temperatura da água e também, em grande parte, com a intensidade da radiação solar, pois são no-

táveis as diferenças de produção em função da profundidade do corpo da água, especialmente onde há abundância de material em suspensão.

Nos rios das bacias em estudos, caracterizados pela velocidade relativamente rápida e pouca profundidade, será razoável considerar que a produção de oxigênio pelas algas seja uniforme em todo o volume da água.

Geralmente se emprega, para determinar a taxa de oxigênio pelas algas, o método dos frascos opacos e transparentes. Com o emprêgo desse método não será fácil, porém, efetuar as numerosas determinações necessárias para obter resultados constantes, nos diversos trechos dos rios. Considerando que a oscilação da intensidade luminosa, ao longo de um dia, causa considerável variação na taxa de ação fotossintética, há necessidade de incubar as amostras "in natura", pelo menos durante algumas horas, e o ideal será 24 horas — a fim de obter a produção líquida de oxigênio pelas algas. Além do problema acima, ocorrem às vezes resultados inaproveitáveis devido ao consumo muito rápido do oxigênio pelas bactérias (D.B.O. muito elevado).

O método que se baseia na determinação de concentração de clorofila não apresenta, todavia, êsses inconvenientes, constituindo-se num procedimento simples, que permite atender a um maior número de amostras e ao mesmo tempo apresenta bons resultados (5 e 9). Êste método consiste no cálculo da quantidade de oxigênio produzido pelas algas através da quantidade de clorofila extraída das mesmas no laboratório, em um determinado volume de água, com intensidade de radiação solar e temperatura conhecidas. Ainda é possível, através desse processo, avaliar a quantidade de algas existentes no rio, o que apresenta grande interesse do ponto de vista do abastecimento de água.

SUMMARY

With this work we present a process for simple and practical evaluation of the oxygen balance in the main rivers of the Piracicaba and Jundiá basins, considered priority areas in the Pollution Control and Combat Program of S. Paulo State Government. We suggest a formula, based on the total balance of furnished and consumed oxygen in each stretch of the river. We also discuss concepts and methods needed in order to determine the parameters of the proposed formula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — ADENEY, W. E. & BAKER, H. G. — The determination of the rate of relation of atmospheric nitrogen and oxygen by water. *Phil. Mag.*, 38: 317-325, 1919.
- 2 — AMERICAN Public Health Association — Standard methods for the examination of water and wastewater. 12th edition. New York, 1965.
- 3 — FAIR, C. M.; MOORE, E. W. & THOMAS, H. H. — The natural purification of river muds and pollutional sediments. *Sewage Works, J.*, Easton, Pa., 13: 270-307, 1941.
- 4 — GRÁ BRETANHA, Department of Scientific and Industrial Research — Effects of polluting discharges on the Thames estuary. London, Her Majesty's Stationary Office, 1964, p. 204-207.
- 5 — HAZEN AND SAWYER. New York — Relatório sobre disposição de esgoto no município de São Paulo. São Paulo, 1967.
- 6 — MOORE, E. W.; THOMAS, H. A. & SNOW, W. B. — Simplified method for analysis of B. O. D. data. *Sewage ind. Wastes*, Easton, Pa., 22 (10): 1343-1355, Oct., 1950.
- 7 — PACIFIC CONSULTANTS DO BRASIL, ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA. São Paulo — Planejamento geral da bacia do rio Tiête — rio Piracicaba e seus formadores (1.ª e tapa). Relatório final. São Paulo, 1966.
- 8 — PHELPS, E. B. — Stream sanitation. New York, John Wiley, 1960.
- 9 — SALJO, Y. — Limnological methods. Tokyo, Kokin, Ltd., 1958.
- 10 — SÃO PAULO (estado). Governo — Plano estadual de controle de poluição das águas. São Paulo, 1969, 70 p.

LEITURA RECOMENDADA

- 1 — CAMP, T. R. — Water and its impurities. New York, Reinhold, 1963, 255 p.
- 2 — GRÁ BRETANHA. Department of Scientific and Industrial Research Effects of pollution discharges on the Thames estuary. London, Her Majesty's Stationary Office, 1964, 609 p.
- 3 — HIROSE, K. — Industrial wastes and its treatment process. Tokyo, Gihodo, 1961.
- 4 — HUTCHINSON, G. E. — A treatise on limnology. New York, John Wiley, 1957, v. 1, 1015 p.
- 5 — NIELSEN, E. S. — The physiological background for using chlorophyll measurement in hydrology and theory explaining daily variations in chlorophyll concentration. *Arch. Hydrobiol.* Kbenhaum. p. 350, 1962.
- 6 — OXYGEN relationships in streams. Cincinnati, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, 1958 (Technical Report W58-2).
- 7 — SCHROEPPER, G. J. — Effects of degree of stabilization of river water. The high rate treatment. *Adv. Water poll. Res.*, 1: 144, 1964.
- 8 — WEZERNAK, C. T. — Evaluation of nitrification in stream. *J. Sanit. Div. Am. Soc. civ. Eng.*, 14: 113, 1968