

# DBO per capita

BENTO AFINI JÚNIOR

Engenheiro Civil e Sanitarista, prof. do Instituto de Física da USP, é dos quadros da Assessoria de Planejamento e Gerenciamento da Sabesp

**O** artigo trata da DBO per capita e apresenta valores registrados em pesquisas e investigações realizadas no Brasil (Rio de Janeiro e São Paulo) e no Japão. Valores clássicos encontrados em livros, relativos à Alemanha e aos Estados Unidos, também são mencionados. No final, são apresentados os resultados dos levantamentos sanitários industriais da área metropolitana de São Paulo e de Cubatão, este último realizado pelo autor. São apresentadas as populações equivalentes pela DBO e pelos SS per capita. Sobre este último indicador é apresentada breve nota explicativa. No final é apresentada uma tabela com sugestões para as DBOs per capita em função das principais características das cidades. Estas sugestões coincidem com os resultados achados.

A demanda bioquímica de oxigênio — que se abrevia por D.B.O. ou DEO — é um dos indicadores mais usados na engenharia sanitária. É determinado a partir de amostras simples ou compostas de líquidos residuários (esgotos domésticos, efluentes industriais, águas de rios e córregos, águas de drenagem do subsolo ou superficiais, influentes ou efluentes de instalações depuradoras de esgotos etc.).

A determinação a partir das amostras acima é conhecida como concentração da DBO, expressa em mg/l ou g/m<sup>3</sup>, que é a mesma coisa (unidades diferentes mas mesmo valor numérico). Ela se refere a uma determinação dentro destas condições (20°C/5 dias).

O produto da concentração da DBO pela vazão média (expressa geralmente em m<sup>3</sup>/dia) dá uma grandeza denominada carga de DEO.

A carga de DEO é muito utilizada em diversas determinações da engenharia sanitária. A unidade que mais frequentemente a exprime é g/dia, podendo também ser usadas kg/dia ou t/dia.

Para uma localidade onde os esgotos domésticos sejam lançados num ponto conhecido e de fácil acesso pode-se determinar vazão média (em m<sup>3</sup>/dia) e a concentração de DEO (g/m<sup>3</sup>). O produto destas grandezas dá a carga de DBO (em g/dia). Conhecendo-se a população contribuinte pela divisão da carga de DEO por esta população obtém-se o que se chama DBO per capita.

Para um efluente industrial obtendo-se a carga de DEO e dividindo-se esta pela DBO per capita obtém-se o que se chama de população equivalente. Assim, uma indústria que lance líquidos residuários pode equivaler em termos de depuração de esgotos a uma certa parcela de população dita "equivalente".

O conhecimento assim da DBO per capita é pois de um interesse muito grande na engenharia sanitária e ambiental.

Um valor clássico da DBO per capita apareceu no livro de Karl Imhoff. Era 54 g/hab.dia.

Esse valor foi conservado quando o livro foi traduzido para a língua inglesa e apareceu com Gordon M. Fair como co-autor. O valor da DBO per capita foi ainda conservado: 54 g/hab.dia.

De certa feita conversei com o Eng. Max Lothar Hess, de saudosa lembrança, e ele me ponderou o seguinte: na Alemanha e nos Estados Unidos o desjejum da população não é muito "rico" em hidratos de carbono nem alimentos gordurosos. Também o consumo de água era bem menor do que em algumas cidades brasileiras.

Além disso, o valor acima se aplicava a uma média de cidades pequenas ou médias, muitas delas até contando com certa influência rural.

Como o livro de K. Imhoff-Gordon M. Fair, em língua inglesa, passou a ser conhecido e difundido no Brasil, o valor tornou-se um clássico da engenharia sanitária. Passou a fazer parte de livros e apostilas, registrado como 54 g/hab.dia.

## EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

Quando da elaboração de um relatório sobre destino final dos esgotos sanitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a firma de consultoria Greeley & Hansen utilizou a contribuição de DBO per capita como 68 g/hab.dia. Esse valor foi usado para o cálculo da população equivalente em bacias e sub-bacias da RMSP, tendo em vista o esgoto industrial. O levantamento sanitário industrial foi realizado com o envio de questionários às indústrias, seguido de visitas pelos técnicos da firma de consultoria e engenheiros do Departamento de Água e Esgotos de São Paulo (DAE/SP).

Anos mais tarde, os engenheiros do Instituto de Engenharia Sanitária-Superintendência de Urbanização e Saneamento, do antigo Estado da Guanabara, A. V. Koblitz, M. C. Holanda e S. P. Lamarca, fizeram uma pesquisa a respeito das características dos esgotos do Rio de Janeiro e obtiveram estes resultados:

1.º estudo: 6 determinações (no ano de 1959)	
DBO per capita	75 g/hab.dia
2.º estudo: 117 determinações (nos anos de 1961-62)	
na elevatória do Leblon (zona sul)	
DBO per capita	59 g/hab.dia
SS per capita	42 g/hab.dia
3.º estudo: Penha (zona norte)	
DBO per capita	54 g/hab.dia
SS per capita	37 g/hab.dia

Foram apresentadas as seguintes sugestões que deveriam ser obedecidas por entidades que se propusessem a estudos e pesquisas semelhantes: uniformização da técnica de trabalho, como exemplo, amostragem, análises, duração do estudo, medição de vazões e outras. As amostras, sempre que possível, deveriam ser compostas e proporcionais à vazão. As análises deveriam ser feitas de acordo com o *Standard Methods* da AWWA e APHA.

O valor da DBO per capita de 75 g/hab.dia foi utilizado nos dois primeiros trabalhos dos Eng. Pedro M. Erail e Eng. Fernando A. Barros, lançados no Rio de Janeiro. Esses livros alcançaram grande sucesso e foram pioneiros na questão do esgoto industrial.

Por curiosidade, acabei verificando que este valor concorda-

va com o valor médio de 77 g/hab.dia, registrado no livro *Water Supply and Waste Disposal*, do Cel. W. A. Hardenbergh. O livro trazia a DBO *per capita* em unidades do sistema inglês, as converti para o sistema internacional de unidades e achei o valor quase coincidente com o do Rio de Janeiro: 77 g/hab.dia.

Revisando mais tarde seus livros o Eng. Pedro M. Braile, agora com novo co-autor, o Eng. J.E.W.A. Cavalcanti, passou a registrar o valor 55 g/hab.dia.

Nos anos de 1965-66 a equipe técnica da firma de consultoria Hazen & Sawyer, contando com a colaboração dos engenheiros do DAE/SP, locados no Escritório do Engenheiro Coordenador, realizou inúmeras investigações a respeito da DBO *per capita* em São Paulo.

Foram escolhidas algumas bacias de esgotos mais significativas e os resultados mais representativos ficaram nos valores 58, 60 e 63 g/hab.dia.

Os resultados dos estudos de vazão (aqui não registrados) e DBO *per capita* foram os seguintes:

1 — Área de estudo: Leopoldina (3.400 hm <sup>2</sup> )	
População	650.000 hab
DBO <i>per capita</i>	59 g/hab. dia
2 — Santa Cecília — Av. Rudge (380 hm <sup>2</sup> )	
População	105.000 hab
DBO <i>per capita</i>	72 g/hab.dia
3 — Bela Vista (476 hm <sup>2</sup> )	
Esgoto sobrecarregado	
População	95.000 hab.
DBO <i>per capita</i>	75 g/hab. dia*
4 — Indianópolis (1.394 <sup>2</sup> )	
População	95.000 hab.
DBO <i>per capita</i>	49 g/hab.dia
5 — Jardim América, Cidade Jardim e Córrego Verde (2.380 hm <sup>2</sup> )	
População	180.000 hab.
DBO <i>per capita</i>	73 g/hab. dia*
6 — Ipiranga (200 hm <sup>2</sup> )	
Inclui vazão industrial	
População	22.000 hab.
DBO <i>per capita</i>	100 g/hab. dia*
7 — Rua Tucumã (75 hm <sup>2</sup> )	
Capacidade do vertedor excedida	
População	3.500 hab.
DBO <i>per capita</i>	67 g/hab.dia
8 — Santo Amaro (63 hm <sup>2</sup> )	
População	8.500 hab.
DBO <i>per capita</i>	101 g/hab.dia
9 — Vila Maria (152 hm <sup>2</sup> )	
Vazão de pico em tempo seco	
População	22.500 hab.
DBO <i>per capita</i>	75 g/hab.dia
10 — Cidade Comerciária Getúlio Vargas (23 hm <sup>2</sup> )	
População	100.000 hab.
DBO <i>per capita</i>	44 g/hab.dia
11 — Traição (500 hm <sup>2</sup> )	
DBO <i>per capita</i>	58 g/hab.dia

(\*) valores estimados pelo autor considerando a concentração de DBO média para os esgotos sanitários domésticos como 250 mg/1 ou g/m<sup>3</sup>. Para o Ipiranga que inclui vazão industrial a concentração média foi fixada em 400 mg/1, embora a DBO oscilasse entre 100 e 600 mg/1.

A área total pesquisada foi de 8.500 hm<sup>2</sup>, a população esgotada de 1.200.000 hab., a concentração de DBO (20°C/5 dias) de 250 mg/1 e a DBO *per capita* média foi de 60 g/hab.dia.

Esse valor de 60 g/hab.dia de DBO *per capita* foi utilizado pela Hazen and Sawyer e pelo Convênio Hibrace para cálculo da população equivalente (1967).

Aproveitando os conhecimentos que teve com a equipe técnica da Hazen & Sawyer e dos engenheiros do Escritório do Engenheiro Coordenador, o autor deste realizou um levantamento sanitário industrial na cidade de Mairiporã. A mesma situação ocorreu nas cidades de Mogi das Cruzes, Santos, São Vicente, São José dos Campos, Taubaté e São Bernardo do Campo (dist. de Riacho Grande). Nas redes urbanas de esgotos sanitários destas cidades, foram escolhidos poços de visita ou elevatórias. Nestes pontos foram colhidas amostras compostas de esgotos sanitários e determinadas as concentrações de DBO (20°C/5 dias). Os resultados de esgotos tipicamente sanitários oscilaram entre 200 e 300 mg/1. Esta particularidade chamou atenção do autor para aquilo que consta em quase todos os livros: o homem tem as mesmas atividades biológicas e metabólicas em qualquer cidade do mundo. Os resultados que fugiram a esta regra universal são os que constam abaixo.

Na cidade de Mairiporã havia um pequeno bairro onde moravam habitantes de padrão modesto. Havia rede de esgotos na única rua do bairro. Esta começava na Estrada do Rio Acima e descarregava no córrego Juqueri, a mais ou menos 200m abaixo. O abastecimento de água era obtido a partir de poços freáticos domiciliares. Era fácil registrar vazões instantâneas (daí obter-se a vazão média) e colher amostras compostas dos esgotos domésticos. Foram feitas poucas determinações.

A concentração de DBO média (20°C/5 dias) obtida foi de 600 mg/1 ou g/m<sup>3</sup>. A carga de DBO *per capita* ficou em 48 g/hab. dia.

Este pequeno bairro desapareceu, as casas foram desapropriadas e a região está hoje coberta por uma das represas do sistema Cantareira (represa de Mairiporã), a rede de esgotos removida e os poços domiciliares freáticos aterrados.

Para o distrito de Riacho Grande, município de São Bernardo do Campo, a concentração de DBO (20°C/5 dias) foi de 388 mg/1.

Estas investigações tiveram lugar em 1968 e mostraram que a DBO *per capita* oscilava entre 47 e 58 g/hab. dia.

Tanto o distrito como o pequeno bairro de Mairiporã tinham uma situação *sui generis* possuíam rede de coleta de esgotos mas o abastecimento de água era garantido por poços freáticos domiciliares. No caso do Riacho Grande a rede de esgotos contribuía para um valo de oxidação, projeto do Eng.º Max Lothar Hess, de escovas rotatórias (tratamento secundário) associado a uma calha Parshall e câmara de tranquilização (decantação) antes do lançamento no reservatório Billings. Um dos braços deste é o manancial de águas dos municípios que compõem o ABC (Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul).

O valor de 59 g/hab. dia foi utilizado pelo autor para o cálculo da população equivalente de Cubatão, Est. de S. Paulo. O levantamento sanitário industrial realizado em 1969.

## EXPERIÊNCIAS OBTIDAS NO JAPÃO

O Eng.º Hissashi Kamiyama, anteriormente estagiário da Sabesp, logo que se diplomou engenheiro civil, esteve estagiando um ano em diversas estações de tratamento de esgotos do Japão. Segundo comunicação que me enviou na ocasião, a DBO *per capita* recomendada para este país é 50 g/hab. dia. Algumas vezes são adotados valores entre 40 e 45 g/hab. dia.

Lá o Eng.º Kamiyama teve contato com um pesquisador japonês que o informou de que a evolução da DBO *per capita* naquele país, tem sido esta:

Ano 1965	36 g/hab. dia
Ano 1968	39 g/hab. dia
Ano 1970	44 g/hab. dia

Segundo o pesquisador japonês os valores mais clássicos têm sido estes:

Alemanha	54 g/hab. dia
Estados Unidos (média)	76 g/hab. dia
Estados Unidos (segundo o livro de Metcalf e Eddy)	101 g/hab. dia

Não disponho de mais detalhes sobre o Japão, de forma que os interessados poderão consultar o Eng.º Kamiyama pessoalmente.

## LEVANTAMENTOS SANITÁRIOS INDUSTRIAIS

Para as cidades mencionadas realizei levantamentos sanitários industriais. Não tive oportunidade de procurar em meus arquivos os registros individuais correspondentes.

Contudo, para a área metropolitana de São Paulo a firma de consultoria Hazen & Sawyer e o Escritório do Engenheiro Coordenador, com os quais colaborei, fizeram um levantamento e este apresentou os resultados seguintes:

*Vazões não mostradas* (pequenas e médias indústrias)

N.º de indústrias levantadas = 1.200

Vazão dos despejos industriais = 22.500 m<sup>3</sup>/dia

Carga de DBO = 11 t/dia

*Vazões amostradas* (grandes indústrias)

N.º de indústrias levantadas — 500

Vazão dos despejos industriais = 550.000 m<sup>3</sup>/dia

Carga de DBO = 225 t/dia

*Total geral*

N.º de indústrias = 1.700

Vazão dos despejos industriais = 572.500 m<sup>3</sup>/dia

Carga de DBO = 236 t/dia

*População equivalente:*

$$\frac{\text{Carga de DBO}}{\text{DBO per capita}} = \frac{236 \times 10^6}{60} \cong 4 \times 10^6 \text{ hab}$$

DBO per capita 60

Para Cubatão, o autor realizou, em 1969, levantamento sanitário industrial. Os resultados finais foram estes:

Tipos de indústrias	N.º	Vazão média m <sup>3</sup> /dia	Carga DBO kg/dia	Carga SS kg/dia
1) Papel e Papelão	1	9.360	3.351	5.719
2) Químicas e farmacêuticas	4	50.856	691	6.183
3) Petroquímicas e Ref. petróleo	2	512.100	2.042	7.693
4) Siderúrgicas	1	290.000	1.305	11.020
TOTAL	8	862.316	7.389	30.617

Duas indústrias de Cubatão isoladas têm maior despejo industrial do que as 500 maiores indústrias da RMSP.

O cálculo da população equivalente pode ser feito de dois modos distintos, a saber:

População equivalente = 125.000 hab.

(pela DBO)

População equivalente = 340.000 hab.(\*\*)

(pelos SS)

(\*\*) esse valor me parece um pouco exagerado. Veja as notas finais.

A DEO per capita foi baseada no valor 59 g/hab. dia, ligeiramente inferior ao valor adotado para a RMSP 60 g/hab. dia.

## NOTAS FINAIS

1 — O indicador sólidos em suspensão, abreviado como S.S. ou SS, é também muito usado em estudos e pesquisas de engenharia sanitária e ambiental. Não me detive no estudo deste indicador apenas registrando os valores encontrados na pesquisa realizada no Rio de Janeiro (37 e 45 g/hab. dia), embora ele também sirva para o cálculo da população equivalente. Para tanto é necessário o conhecimento da carga de SS. Esta não foi calculada nos trabalhos feitos, a não ser em casos esparsos.

O valor clássico que figura dos livros técnicos é 90 g/hab. dia como aquele que constitui a carga específica de SS. Esse valor foi usado para o cálculo da população equivalente de Cubatão.

2 — Tive conhecimento de que o Eng.º Benito Piroppo Da Rin realizou recentemente uma investigação a respeito da DEO per capita. Encontrou valores diversos mas obteve como média o valor 60 g/hab. dia.

Como não pude manter um contado mais direto com ele, estou apenas registrando o fato. O valor achado não difere daquele médio que figura nas diversas pesquisas e investigações realizadas.

Aconselho a adoção destes valores para a DEO per capita:

Tipos de cidades	DEO per capita g/hab. dia
Cidades pequenas (esgotos domésticos)	45
Cidades médias e grandes (esgotos sanitários)	60
Cidades grandes (com grandes desenvolvimentos)	75

## REFERÊNCIAS

*Trabalhos que foram consultados para o preparo deste estudo, ou que recomendamos para consulta e investigação mais detalhada:*

1 — Braile, P.M. e Barros, F.A. — Levantamento dos despejos industriais do Estado da Guanabara, Boletim do Inst. Eng. Sanitária, Rio de Janeiro, 1967.

2 — Hazen and Sawyer, Engrs. — Relatório sobre disposição de esgotos — São Paulo, Cap. 5, tomo 1, pp. 25/32.

3 — Koblitz, A.V., Holanda, M.C. e Lamarca, S.P. — Contribuição ao estudo das características dos esgotos do Est. da Guanabara, Boletim do Inst. Eng. Sanitária, Rio de Janeiro, jul. 1964.

4 — Koblitz, A.V. — Comunicação pessoal — Inst. Eng. Sanitária (vide N.R.), Rio de Janeiro, 22 abr. 1968

5 — Pedroso, J.S.O. et al. — Inquérito sanitário industrial da área metropolitana de São Paulo, DAE/SP, São Paulo, (mimeo), 65/66, 4p.

N.R. — Carta recebida pelo autor, não divulgada publicamente.