

A complexidade do DBO

HISSASHI KAMIYAMA

Engenheiro da Superintendência de Apoio Técnico da Diretoria do Interior da Sabesp.

DBO: seus problemas e limitações como parâmetro de avaliação da performance no processo de tratamento biológico de esgotos. Este é o tema central deste trabalho, pois, segundo o autor, o que se observa na prática é que o grau de compreensão dos verdadeiros significados de DBO não parece estar na mesma proporção da popularidade do termo.

Para aqueles que já tenham, de alguma maneira, tido contato com o saneamento básico, é praticamente imprescindível conhecer o termo Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). É, sem dúvida, o parâmetro de poluição hídrica mais divulgado. Os técnicos em saneamento básico utilizam o termo DBO com grande frequência.

No entanto, o que se observa na prática é que o grau de compreensão dos verdadeiros significados de DBO não parece estar na mesma proporção da popularidade do termo.

Na realidade, a determinação daquele parâmetro é um tanto complexa, dependendo de uma série de fatores nem sempre exatamente detectáveis, abrangendo desde o manuseio das vidrarias até os fatores físico-químico-biológicos das amostras. Sem se conhecer em detalhe essas complexidades que envolvem o processo de determinação da DBO, o resultado obtido é de reduzido valor técnico, além de induzir em grave erro aqueles que se utilizam daquele parâmetro.

Na avaliação da *performance* dos diversos processos de tratamento biológico de esgotos é normalmente utilizada a DBO. A eficiência do processo de tratamento é representada, por exemplo, em termos de porcentagem de redução da DBO. Mas o fato é que quanto mais se conhece a complexidade dos fatores na determinação daquele parâmetro, somos menos encorajados a utilizar a DBO para avaliação da *performance* do processo de tratamento. Os motivos serão expostos a seguir.

DEFINIÇÃO

Sabe-se que a carga poluidora de esgotos é composta essencialmente de matérias orgânicas. A existência de matérias orgânicas (as que contêm átomos de carbono) no seio líquido propicia a proliferação de bactérias e outros microorganismos que se alimentam daquelas matérias, consumindo, ao mesmo tempo, o oxigênio dissolvido na água. Com a deficiência de oxigênio dissolvido na água, os animais e plantas que necessitam dele vão desaparecendo, e se a condição de deficiência for mantida a água passará a apresentar cor escura, exalando, muitas vezes, cheiro desagradável.

Esse é, em suma, o resultado da poluição hídrica causada pela matéria orgânica. Na ausência de um método prático, simples e rápido para a determinação da quantidade daquela matéria, estima-se através da quantidade de oxigênio requerida em determinado período de tempo e temperatura pelos microorganismos consumidores de matéria orgânica. Esse é o método da Demanda Bioquímica de Oxigênio.

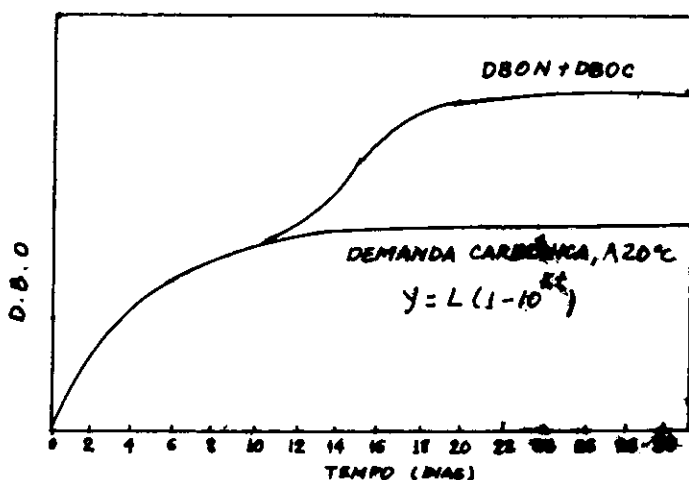
Define-se, assim, a DBO, como sendo a quantidade de oxigênio requerida pelos microorganismos para estabilizar sob temperatura controlada a matéria orgânica biodegradável existente no seio líquido, sob condição aeróbica.

AS DIVERSAS FORMAS

A determinação da DBO é feita normalmente do seguinte modo: toma-se uma determinada quantidade de amostra de esgoto, na qual se quer determinar a DBO; coloca-se num frasco (normalmente de volume entre 250 a 300ml) juntamente com a água de diluição (esta pode, conforme o caso, ser dispensada) e alguns nutrientes. Da solução resultante determina-se a concentração inicial de oxigênio dissolvido. O frasco com a amostra é então colocado numa incubadora a 20°C e sem a presença de luz. Após decorrer determinado período de tempo, mede-se novamente a concentração de oxigênio dissolvido final. Da diferença entre a concentração inicial e final de OD calcula-se a quantidade de OD consumido. Esta corresponde à Demanda Bioquímica de Oxigênio.

A DBO talvez mais conhecida e utilizada é a DBO_5 , ou seja, aquela mantida em incubação durante 5 dias. É claro que a incubação poderá ser mantida por menos ou muito mais tempo que os 5 dias.

FIGURA 1
Curva da DBO perfeita



A figura 1, denominada *Curva da DBO Perfeita*, demonstra que na realidade a demanda de oxigênio ao longo do tempo é resultante de dois tipos de demanda — a primeira de origem carbônica e a outra resultante do processo denominado nitrificação. Deixando por ora a explicação mais detalhada sobre a segunda demanda para mais adiante, observa-se que no prazo de incubação, entre 7 a 12 dias, ocorre a primeira etapa de estabilização bioquímica, envolvendo basicamente a matéria orgânica biodegradável. A DBO dessa fase mede, portanto, a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização da matéria contendo carbono e facilmente biodegradável.

Como se vê pela figura 1, o processo de demanda de oxigênio prossegue além do prazo de 12 dias, ocorrendo uma súbita elevação, até se estabilizar em torno de 20 dias. Essa segunda etapa na demanda de oxigênio é devida basicamente ao já mencionado processo de nitrificação.

DAE

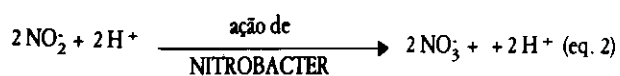
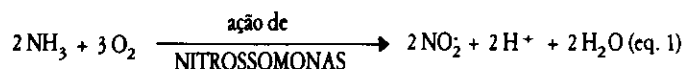
VOL 48 - N.º 152 - JUL/SET 88

Observa-se também que a DBO de origem carbônica torna-se praticamente constante em torno de 20 dias. Como normalmente pode-se obter estabilização da matéria orgânica superior a 90% com aquele tempo de incubação, considera-se completada a etapa de estabilização carbônica (na realidade, esta é bem mais demorada) e a DBO assim obtida é denominada de DBO máxima (tradução do termo *Ultimate BOD* — indicaremos por DBO_u).

Ao interrompermos a incubação no 5.º dia obteremos, evidentemente, o valor da DBO bem inferior ao da DBO_u . Aquela corresponde geralmente entre 60 a 80% do valor da DBO_u apurado. Por outro lado, com apenas 5 dias de incubação é praticamente desprezível o aumento na demanda de oxigênio, devido ao fenômeno de nitrificação (exceto em alguns casos específicos, como veremos adiante). Assegura-se, desse modo, que a DBO_5 seja essencialmente devida à estabilização da matéria orgânica.

A NITRIFICAÇÃO E SEUS EFEITOS

Enfim, pergunta-se: o que é nitrificação? Até agora só nos referimos genericamente como microorganismos, aqueles agentes responsáveis pela biodegradação de matérias orgânicas. São eles, basicamente, as bactérias, os fungos e protozoários, pertencentes aos grupos denominados de heterotróficos. Por outro lado, existem seres denominados autótrofos, que se utilizam das matérias de fontes não orgânicas, para seu crescimento. O fenômeno de nitrificação é causado essencialmente por dois grupos de bactérias autotróficas que, atuando sobre a amônia (NH_3) existente no esgoto, transformam-na em íons nitritos (NO_2^-) e posteriormente em nitratos (NO_3^-), segundo as equações:



As bactérias nitrificadoras (Nitrossomonas e Nitrobacter) atuam, assim, sobre as matérias não orgânicas (amônia), oxidando-as e extraindo daí a energia necessária às suas atividades. Sendo reações de oxidação, consomem o oxigênio dissolvido, aumentando o valor da DBO.

Lembrando-se da definição dada para DBO, o acréscimo na demanda de oxigênio devido à nitrificação não corresponde, na realidade, à quantidade de matéria orgânica biodegradável, como aquele termo faz supor. A razão por que o fenômeno da nitrificação se torna mais evidente a partir de determinado tempo de incubação está no fato de que aqueles grupos de microorganismos nitrificadores existirem em números relativamente pequenos dentro do esgoto (não tratado biologicamente) e sendo de reduzidas taxas de crescimento, necessitam de prazo maior de tempo para atingir o número expressivo de população, a ponto de exercerem influências na determinação da DBO.

Mas qual a intensidade da interferência de nitrificação sobre a DBO? Estequiometricamente seriam necessários 3,43 mg de O_2 para oxidar 1 mg de nitrogênio de amônia para o nitrato. Por sua vez, seriam necessários 1,14 mg de O_2 para converter 1 mg de nitrito em nitrato. Ao todo, são utilizados 4,57 mg de O_2 para oxidar 1 mg de nitrogênio amoniacal para nitrato.

Dissemos ainda que a nitrificação se processa a partir de determinado tempo de incubação. Isso é verdade se na amostra de esgoto incubada não existirem, inicialmente, quantidades

expressivas de bactérias nitrificadoras. Tal não é o caso, por exemplo, das amostras provenientes dos efluentes das ETEs a lodo ativado (de elevada idade de lodo) ou de Filtro Biológico, onde, devido às características específicas dos processos de tratamento biológico, há formação de grandes populações de bactérias nitrificadoras.

A existência dessas bactérias em quantidades expressivas na amostra afeta seriamente o resultado da DBO, mesmo aquele de 5 dias, majorando-o sensivelmente. Isso pode induzir à falsa conclusão a respeito da *performance* do processo de tratamento em questão.

Para evitar tais problemas, recomenda-se a adição de determinados produtos inibidores das bactérias nitrificadoras à amostra, restringindo o resultado apenas à demanda carbônica.

Porém, o problema de nitrificação não pára aí. Assim como acontece com os microorganismos heterotróficos responsáveis pela oxidação da matéria orgânica, as bactérias nitrificadoras (autotróficas) são também dependentes de uma multiplicidade de fatores que determinam suas taxas de crescimento e, conseqüentemente, os valores finais da DBO. Para Marais e outros (*Theory, designs and operation of nutrient removal in A.S. processes*, University of Cape Town, 1984), os fatores determinantes no comportamento da nitrificação são:

- a) tipo de esgoto;
- b) temperatura;
- c) pH;
- d) existência de zonas não aeradas;
- e) concentração de O.D.;
- f) carga e vazão cíclica.

Para efeito de teste de DBO, podemos considerar apenas os itens "a", "c" e "e". No caso do item "a", concluem os pesquisadores que a taxa máxima específica de crescimento dos nitrificadores, μ^{max} (isto é, a taxa máxima de crescimento por unidade de tempo — em 1/d) é praticamente um valor inerente a cada tipo de esgoto, podendo variar de 0,33 a 0,65 por dia, a 20°C. Isso significa que as duas amostras distintas de esgotos com aquelas características podem apresentar, para determinado período de incubação, taxas de nitrificação com cem por cento de diferença, resultando, evidentemente, em valores finais das DBOs distintos, mesmo que as DBOs carbônicas fossem iguais.

O item "c" (pH e alcalinidade da amostra) exerce forte influência sobre as bactérias nitrificadoras, notadamente sobre as taxas específicas de crescimento (μN). Diz Morais que as bactérias nitrificadoras têm suas faixas de atuação de pH entre 7,0 e 8,5 e que as mesmas sofrem acentuado declínio quando submetidas a pH ambiental fora daquela faixa.

Quanto ao item "e" (concentração de O.D.), sabe-se que a baixa concentração deste reduz a taxa de nitrificação apesar de não poder definir qual o valor crítico inferior que inibe a nitrificação.

A pesquisa realizada por P.E. Gaffney e H. Heukelikian (*Sewage and Industrial Wastes*, abril/58) demonstra por outro lado que se fosse mantida a relação de DBO: N: P em torno de 100: 5: 1, a nitrificação não ocorreria, mesmo quando a incubação excedesse os 20 dias, devido ao consumo exato de nitrogênio pelos microorganismos heterotróficos. Isso quer dizer que a intensidade de nitrificação depende, também, de se a relação de DBO: N: P da amostra incubada se afasta ou não daquele valor (100:5:1), o que depende, por sua vez, do tipo de esgoto amostrado.

Por outro lado, o excesso de amônia também inibe a nitrificação (J.W.P.C.F., abril/1967). Utilizando cloreto de amônia ($NH_4 Cl$) como fonte de amônia, os autores do referido trabalho chegaram à conclusão de que com pH em torno de 7,0, a concentração de amônia de 0,10 molar é suficiente para inibir a nitrificação nos testes da DBO para diversos tipos de despejos, inclusive para efluentes nitrificados do filtro biológico ou do lo-

do ativado, sem afetar o comportamento dos microorganismos heterotróficos.

A complexidade de fatores que envolve o fenômeno de nitrificação e sua influência sobre o teste de DBO faz surgir de tempos em tempos discussões acerca da validade do teste de DBO, incluindo a nitrificação, principalmente como parâmetro de avaliação da eficiência de uma ETE.

INFLUÊNCIA DO TIPO DE ESGOTO SOBRE A DBO — EFEITOS DA ACLIMATAÇÃO DOS MICROORGANISMOS

A equação básica clássica que exprime o valor da DBO a um dado tempo de incubação, é a seguinte:

$$y = L(1 - 10^{-Kt}) \text{ (eq. 3)}$$

onde:

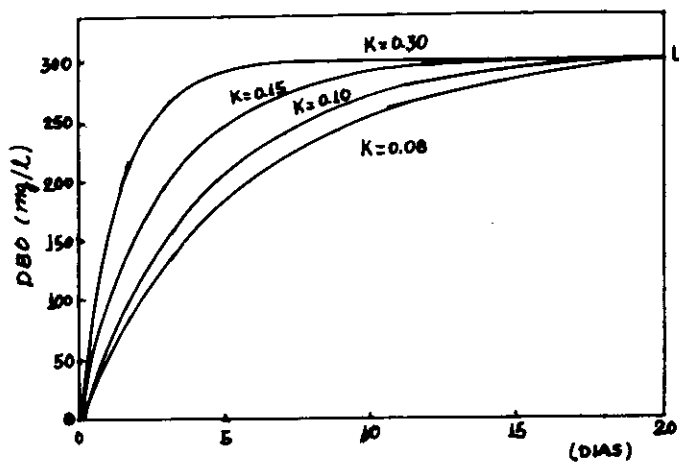
y = valor da DBO após o tempo "t" de incubação;

L = valor da DBO_u (DBO máxima);

K = taxa de reação bioquímica.

A rapidez com que a reação bioquímica se processa é dependente do valor de K. E este varia conforme o tipo de esgoto e, portanto, dos seus componentes químicos (estudos recentes revelaram que o valor de K varia também com o tempo de incubação). Para um mesmo tipo de esgoto, pode variar conforme o dia ou até mesmo conforme o horário em que a amostra é coletada. A figura 2 mostra exemplos de curvas representativas da equação 3, com valores distintos de "K", apesar de possuírem mesmo valor de DBO_u.

FIGURA 2
DBO x K



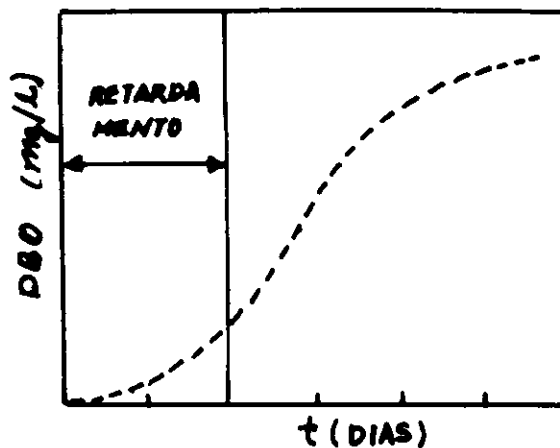
Como, por exemplo, um esgoto com K = 0,1 terá, após 5 dias de incubação, apenas 68% da DBO_u, enquanto que outro esgoto com K = 0,25 atingirá surpreendentemente 94% do valor da DBO_u.

A variação apresentada nos valores de "K" demonstra a complexidade do teste de DBO. Se um determinado esgoto contiver matéria orgânica facilmente biodegradável, a DBO, deste será elevada. Por outro lado, outro esgoto com carga orgânica absoluta superior ao esgoto anterior, porém com maior dificuldade de ser biodegradada, apresentará menor valor de DBO₅.

O grau de dificuldade de biodegradação apresentado por diversos tipos de esgoto pode ser razoavelmente amenizado

pela aclimação adequada dos microorganismos ao esgoto. Desde que se utilize meios biológicos adequadamente aclimatados, pode-se obter um valor bastante próximo ao valor verdadeiro, mesmo no caso, p. ex., do despejo de indústrias de papel e celulose. Caso contrário, quando os microorganismos não estiverem aclimatados, a curva de DBO não é aquela apresentada na figura 1, mas similar à ilustrada na figura 3.

FIGURA 3
Curva de DBO atípica



Observa-se na figura 3 que a demanda de oxigênio é bastante reduzida na fase inicial da incubação. É o período em que os microorganismos tentam a adaptação ao meio ambiente. Somente após determinado período, já razoavelmente aclimatados, a curva de DBO retoma aspectos da curva clássica.

FATORES INFLUENTES SOBRE AS ATIVIDADES DOS MICROORGANISMOS: pH E TÓXICOS

O teste de DBO tem como hipótese o pleno crescimento e atividade da população microbiana no interior do frasco de incubação. Para que essas hipóteses fossem atingidas, necessário se faz que a amostra no frasco satisfaça plenamente as condições necessárias ao desenvolvimento biológico. Tais condições não são frequentemente satisfeitas na prática. Vejamos alguns destes fatores limitantes:

pH — Poucos são os trabalhos de pesquisa sistemática sobre a influência de pH na taxa de DBO. Algumas das conclusões conhecidas (S.K. Mukherjee e al — J.W.P.C.F. — nov/1968) acerca da influência de pH sobre a taxa de reação bioquímica (K) e valor da DBO máxima (L) são, resumidamente, as seguintes:

- a) na faixa de pH entre 6,0 e 8,0 em quaisquer temperaturas entre 20 e 37°C, o valor de K é máximo na faixa ácida, mínimo quando o pH é neutro e cresce novamente na faixa alcalina;
- b) o valor de K cresce com a temperatura sob o pH variáveis;
- c) o valor da DBO max. L tende a decrescer com o aumento do pH, aumenta na faixa neutra e, finalmente, decresce na faixa alcalina.

Tóxicos — os metais pesados — Um dos componentes mais frequentemente encontrados nos esgotos das cidades modernas, os metais pesados afetam intensamente a determinação de DBO. Os mais frequentemente encontrados são: cobre, zinco, mercúrio, cádmio, cromo, ferro etc. Cada um destes metais afeta o comportamento dos microorganismos de modo distinto, e a intensidade da inibição varia de acordo com as condições

existentes, tais como pH, temperatura, concentração de substrato básico etc.

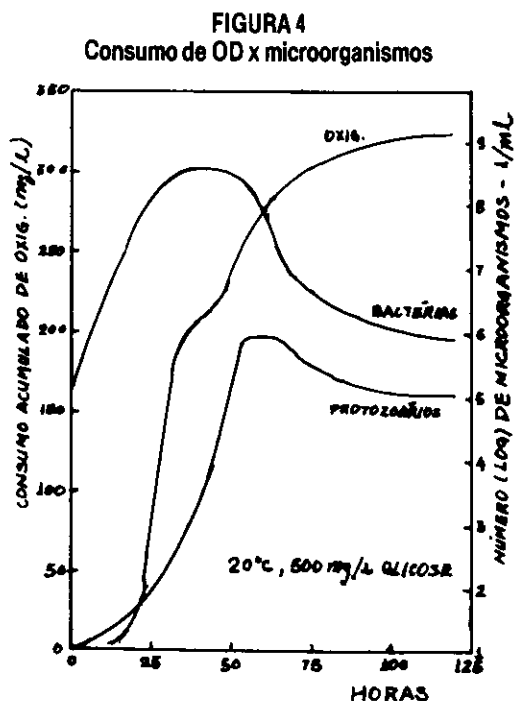
Quanto às concentrações críticas de metais nas amostras, há diversos números revelando as dificuldades na determinação dos efeitos de metais. Os estudos feitos por G. B. Morgan e James B. Lackey (*Sewage and Industrial Wastes*, Vol. 30, n.º 3, março/58) demonstram que tanto o cromo quanto o cobre reduzem o valor da DBO, em 12 a 35% com a adição de 0,1 mg/1 destes metais nas amostras incubadas.

De um modo geral, os metais pesados em concentrações de alguns miligramas por litro inviabilizam a aplicação do teste de DBO. Por outro lado, dependendo dos tipos de metais pesados, a inibição ao crescimento bacteriológico se processa de modo distinto. Nas pesquisas feitas por Kaneko e Nambu (1973), utilizando o lodo ativado retido, demonstrou-se que os íons de mercúrio causavam retardamento na fase inicial, ou seja, *lag phase*. Já os íons dos metais como Cr^{+6} , Cd^{+2} e Pb^{+2} , afetam a taxa de crescimento na fase logarítmica, reduzindo a massa final total dos microorganismos. Quanto aos íons Zn^{+2} e Cu^{+2} , os efeitos foram semelhantes aos do mercúrio, sob a condição de baixa concentração de substrato básico. Ainda os mesmos autores concluem que a idade dos microorganismos é um fator que condiciona os efeitos dos metais sobre os mesmos. Assim, os que tiverem idade maior são menos afetados pelos metais.

As pesquisas de Kaneko e Nambu demonstraram que determinados tipos de metais afetam intensamente a fase inicial do crescimento bacteriológico, afetando, conseqüentemente, a determinação da DBO de menor tempo de incubação, enquanto que outros afetam igualmente todas as fases, prejudicando menos aquelas de prazo longo (20 dias).

PRESEÇA DE PREDADORES SECUNDÁRIOS — OS PROTOZOÁRIOS

Dissemos até agora que a matéria orgânica biodegradável era consumida basicamente pelas bactérias. Estas são, na realidade, as primeiras espécies de microorganismos que atuam sobre substratos solúveis biodegradáveis, exercendo determinada demanda de oxigênio. Após esta fase inicial, a curva de demanda de oxigênio apresenta uma pequena pausa para depois revigorar-se novamente, como mostra a figura 4.



Esta segunda fase na demanda de oxigênio (não confundir com a nitrificação) é devida ao crescimento de protozoários, predadores das bactérias e que se alimentam daquelas, consumindo igualmente o oxigênio. A pausa observada na curva da demanda é devida à defasagem no crescimento populacional entre as bactérias e protozoários. As diferenças encontradas entre os resultados finais dos testes de DBO, uns com a presença de protozoários e outros sem os mesmos (Bhatla e Gaudy — *Journal of ASCE*.) Vol. 91 — junho/65) são expressivas, chegando a concluir-se que os protozoários são responsáveis por cerca de 30% do valor final da DBO. Conclusão semelhante foi relatada por Sudo, R. (*Haisuishori no seibutsugaku* — Tokyo, 1977). Além disso, as espécies distintas de protozoários demandam quantidades distintas de oxigênio.

O teste padronizado de DBO não traz restrições quanto aos protozoários, donde infere-se que estes testes, normalmente, levam em consideração a demanda devido aos protozoários.

Quando se procede à análise dos esgotos domésticos ou efluentes de uma ETE, com processo biológico, é plausível imaginar que aquelas amostras já contenham algum tipo de protozoário. A mesma hipótese não é assegurada quando as amostras forem de origem industrial ou das ETEs que contenham alguma unidade que possa eliminar a sobrevivência dos protozoários que são, por natureza, os mais sensíveis perante as variações das condições ambientais ou perante a presença de substâncias tóxicas. O alto grau de seletividade destes microorganismos quanto ao tipo de alimentos mais adequados e a influência desta característica na demanda de oxigênio são também consideráveis, segundo Sudo.

DBO E ALGAS

Não houve até agora um estudo sistemático focalizando os efeitos que as algas causam sobre os resultados da DBO. Dentre os existentes, o trabalho de George P. Fitzgerald é o que parece ter avançado mais neste assunto (*The effect of algae on BOD measurements*, J.W.P.C.F., dez/1964).

Utilizando-se inicialmente da alga verde *Chlorella Pyrenoidosa*, o autor extraiu algumas conclusões que merecem ser consideradas na análise da DBO contendo algas. São resumidamente:

- a) a DBO causada pelas células mortas de algas é cerca de 4 vezes superior ao consumo causado pelas algas vivas durante a incubação;
- b) o consumo de oxigênio dissolvido devido às algas vivas varia consideravelmente conforme a origem donde as algas foram cultivadas (entre 0,09 a 0,19 mg O_2 /mg SS x 1 para algas cultivadas no meio sintético e de 0,27mg O_2 /mg SS x 1 para aquelas cultivadas com o efluente da ETE a nível secundário);
- c) a taxa de utilização de oxigênio pela *Chlorella* parece ser independente do aumento na respiração bacteriana, devido à adição de frutose. Já na presença de glicose, as algas exercem efeitos sobre a DBO bacteriana.

PROCEDIMENTOS PARA ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS DE ANÁLISES

Uma das questões que têm suscitado vivas discussões acerca das dificuldades de padronização do teste de DBO é o problema de armazenamento e as técnicas laboratoriais. Quanto ao primeiro, a questão se resume no tempo de armazenamento admissível, desde a coleta até a realização das análises em si, o que inclui o tempo necessário para transporte, mais o tempo necessário para elevar a temperatura de 4°C (temperatura de preservação das amostras) até a temperatura próxima à da incubação, pois a amostra deve estar na temperatura de incubação antes da diluição.

Mesmo sob a melhor técnica de refrigeração, pode, no entanto, ocorrer a atividade biológica — o que limita, evidentemente, o tempo total para armazenamento. Recomenda-se o máximo de 6 horas para amostras simples e de 30 horas para amostras compostas.

Quanto à qualidade das águas para diluição, esta deve ser de tal modo que o consumo de OD após a incubação (a 20°C) seja, no máximo, 0,2 mg/l. Se este teste em branco consumir além de 0,2 mg/l, o teste deve ser rejeitado. E o consumo de OD, devido à inseminação de microorganismos, deve girar em torno de 0,1 mg/l, além deste consumo ser basicamente devido a autodigestão. Normalmente a fonte mais adequada e utilizada para a inseminação é o efluente final da ETE, o que traz o inconveniente de conter quantidade ponderável de bactérias nitrificadoras. A água de diluição contendo o efluente deve ser armazenada no escuro, já contendo produto inibidor dos nitrificadores. Se a água de diluição não contiver o produto inibidor não deve ser armazenada, pois as bactérias nitrificadoras acabarão consumido a amônia adicionada à água como nutriente.

Cuidados especiais devem ser dispensados quando da análise da amostra com algas ou por outro motivo qualquer estiver supersaturada. Aquela amostra, quando corrigida à temperatura de incubação ou durante o teste, pode reduzir o nível de OD, resultando em valor final da DBO apurada não real.

No manuseio das vidrarias, a lavagem malfeita dos frascos pode permitir a proliferação das bactérias nitrificadoras. Infelizmente, vemos freqüentemente uma certa falta de cuidados mais acurados em relação ao processo de lavagem e de secagem das vidrarias, principalmente nos laboratórios de esgotos. Como já vimos, o teste de DBO exige cuidados especiais para uma correta avaliação, além de bom-senso por parte dos laboratoristas. Evitar que o processo caia na rotina, tornando o mecânico — este é o primeiro passo para a obtenção de resultados confiáveis, nos testes de DBO.

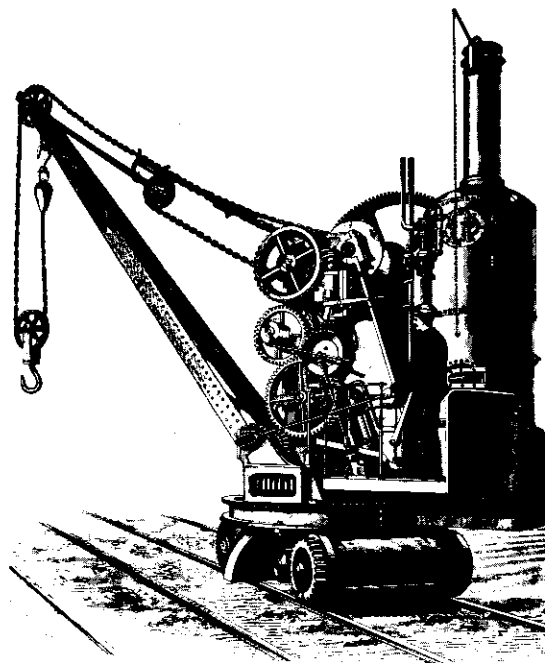
CONCLUSÃO

O teste de DBO é um processo altamente complexo, sendo afetado por inúmeros fatores que tornam o resultado apurado suscetível de erros consideráveis. Quando utilizado como parâmetro de controle operacional ou de eficiência de uma ETE, o problema se torna ainda mais evidente. Além do mais, a morosidade com que este parâmetro é apurado (normalmente supe-

rior a 5 dias) faz da DBO um parâmetro apenas com caráter registrativo e *a posteriori*.

REFERÊNCIAS

- 1 — George P. Fitzgerald. *The effect of algae on BOD measurements*. J.W.P.C.F. — dez/1964.
- 2 — James C. Young; Gerard N.M. e D. Jenkins. *Alterations in the BOD procedure for the 15th edition of Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewaters* — J.W.P.C.F. — jul/1981.
- 3 — J.H. Sherrard; A.A. Friedman e M.C. Rand. *BOD₅: are these alternatives available?* — J.W.P.C.F. — jul/1979.
- 4 — Kaneko, M. e Nambu, T. *Kinzoku-no kassei-odei-ni taisuru dokusei kouka-ni tsuite no koussatsu (PART I)* — Gessuidou Kyoukaishi, vol. 10, n.º 107. abril/1973.
- 5 — Karen B. Carter. *30/30 Hindsight* — J.W.P.C.F. — abril/1984.
- 6 — M.N. Bhatla e A.F. Gaudy. *Role of Protozoa in the diaphasic exertion of BOD* — J.A.S.C.E. — vol. 91-SA3-lun/1965.
- 7 — M. Ajmal; A. Alnmad e A.A. Nomane. *Influence of toxic metals on the repression of carbonaceous oxygen demand* — Water Research — vol. 17, n.º 7, 1983.
- 8 — Ramalho, R.S. *Introduction to wastewater treatment processes — Cap. II* — Academic Press Inc., 1977 — London.
- 9 — R.E. Dague — *Inhibition of nitrogenous BOD and treatment plant performance evaluation* — JWPCF — vol. 53 — dez/1981.
- 10 — Sawyer, C.N. e McCarty, P.L. — *Chemistry for Sanitary Engineers* — McGraw-Hill Book Company, 2.ª edição, Tokyo, 1967, pp. 394-412.
- 11 — S.K. Mukherjee; A.K. Chatterji e I.P. Saraswat — *Effect of pH on the rate of BOD of wastewater* — JWPCF, nov/1984.
- 12 — Sudo, R. — *Haisui-shori no seibutsugaku* — Cap. III — Ed. Sangyo yousui tyousa-kai — Tokyo, 1977.
- 13 — T. Stones e C. Chem — *A resume of the kinetics of the BOD test* — Water Pollution Control — Vol. 80, n.º 04, 1981.



DAE

VOL 48 - N.º 152 - JUL/SET 88