

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SALINIDADE NA CINÉTICA DE DESOXIGENAÇÃO NO ENSAIO DA DBO

Manuela de Abreu Farias<sup>1</sup>

Claudinei José Rodrigues<sup>2</sup>

Alondra Beatriz Alvarez Perez<sup>3</sup>

### RESUMO

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro típico utilizado para avaliar a poluição de águas superficiais. Sua determinação está baseada no consumo de oxigênio durante a biodegradação aeróbia de compostos orgânicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da salinidade na redução do coeficiente de desoxigenação ( $k$ ) no ensaio de DBO e as consequências para uma análise de DBO<sub>5</sub>. Os resultados mostraram que a presença de salinidade afetou os resultados de DBO de forma mais significativa durante o período de latência. O método Mínimos Quadrados mostrou-se o mais eficiente para a obtenção dos parâmetros  $k$  e  $L_0$ . A adição de 15 g·L<sup>-1</sup> de NaCl, para simular o efeito da salinidade sobre a amostra, reduziu o coeficiente  $k$  em 41,7 % e a DBO<sub>5</sub> em 26 %. Logo, a salinidade foi um interferente no ensaio, subestimando o resultado da DBO<sub>5</sub>, devendo ser considerada em análises de amostras oriundas de ambientes expostos a variações na salinidade.

**Palavras-chave:** DBO; Coeficiente de Desoxigenação; Cinética; Salinidade.

### ABSTRACT

**Evaluation of the effect of salinity on deoxygenation kinetics in the BOD test.** The biochemistry demand of oxygen (BOD) is a typical parameter used to estimate the superficial water pollution. Its determination is based on the oxygen consume during an aerobic biodegradation of compounds organics. The objective of this work was evaluate the influence of salinity on the reduction of deoxygenation coefficient ( $k$ ) on BOD essay and the consequences for a BOD<sub>5</sub> analysis. The results showed that the present of salinity affected the results of BOD in a more significant form during the period of latency. The least squares method was the most efficient method to obtain the  $k$  and  $L_0$  parameters. The addition of 15 g·L<sup>-1</sup> of NaCl to simulate the effect of salinity on the sample, reduced the coefficient  $k$  by 41,7 % and the BOD<sub>5</sub> by 26 %. Therefore, salinity was an interfering on the assay, underestimating the BOD<sub>5</sub> result, should be considered in analysis of samples originated from ambients exposed to variation in salinity.

**Keywords:** BOD; Coefficient of Deoxygenation; Kinetics; Salinity.

### INTRODUÇÃO

A poluição de corpos hídricos superficiais é um dos maiores problemas em todo o mundo, causando efeitos negativos para a saúde ambiental e prejudicando a manutenção das condições básicas de qualidade da água (Bricker et al., 2008). A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é utilizada como um

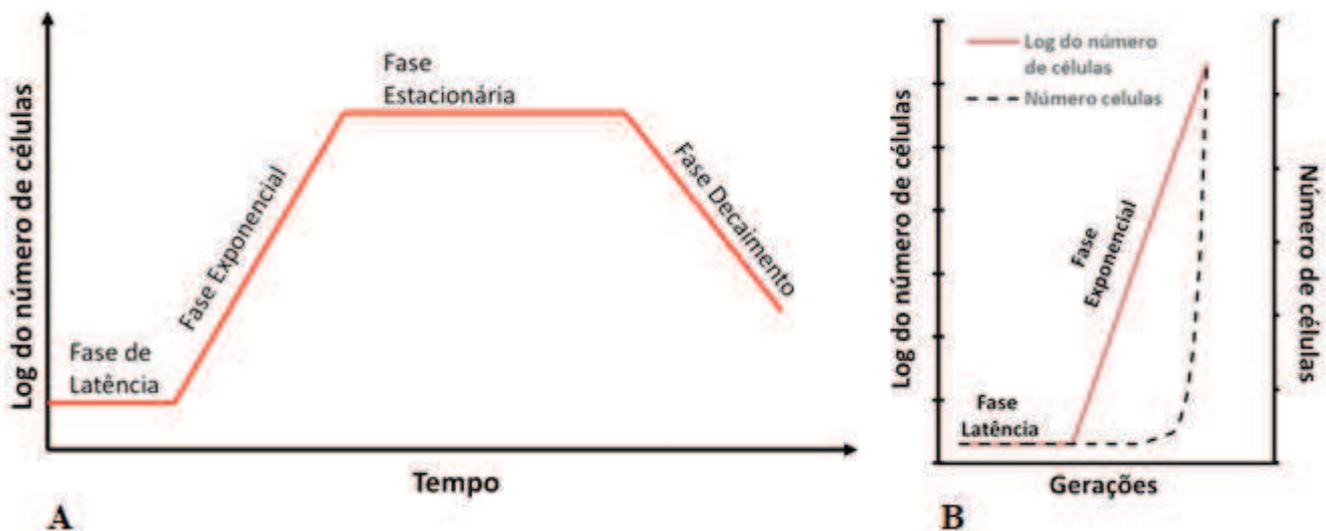
<sup>1</sup> Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail para correspondência: [claudinei.rodrigues@icmbio.gov.br](mailto:claudinei.rodrigues@icmbio.gov.br)

<sup>3</sup> Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

parâmetro para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. A DBO representa o potencial de consumo do oxigênio dissolvido na água para a biodegradação dos compostos orgânicos (Jouanneau et al., 2014). Sua utilização é difundida em todo o mundo, sendo recepcionada pela legislação ambiental de vários países, incluindo o Brasil, como uma das formas de medir a poluição de um corpo hídrico (Verol e Volschan, 2007; Jouanneau et al., 2014).

O ensaio de DBO<sub>5</sub> consiste em submeter uma amostra de água, diluída ou não, a 20°C num frasco fechado durante 5 dias, cuja concentração de oxigênio é medida no início e no final do ensaio (ABNT, 1992). A variação de oxigênio é proveniente do metabolismo aeróbio de microrganismos presentes na amostra (Piveli e Kato, 2006). Quanto maior for a quantidade de matéria orgânica biodegradável nas amostras, maior será o consumo de oxigênio durante os dias de incubação e, portanto, maior será o valor da DBO (APHA, 2005). O ensaio de DBO está baseado no metabolismo e na dinâmica populacional dos microrganismos aeróbios. A população microbiana possui uma curva de crescimento populacional bem estabelecida, compreendendo quatro fases: latência, exponencial, estacionária e morte (Madigan, 2012), conforme a figura 1.

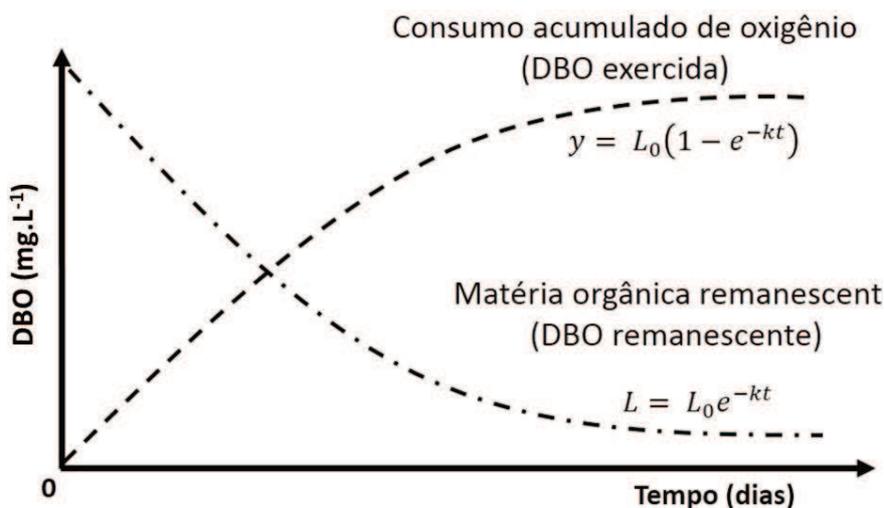


**Figura 1.** Curva de crescimento microbiano. A) curva com a descrição das quatro fases; B) fases de latência e de crescimento exponencial em números absolutos e logaritmo do número de células. Adaptado de Madigan et al. (2012).

No momento em que uma população microbiana é inoculada em um novo meio, o crescimento dessa população é iniciado somente após um período de tempo denominado de fase de latência (também denominada fase lag). Um prolongamento da fase de latência pode ser observado quando o inóculo sofre algum tipo de dano, decorrente de substâncias tóxicas, ou quando em estresse térmico ou osmótico. O teste da DBO tem como premissa o pleno crescimento e metabolismo da população microbiana no interior do frasco de incubação (Mittal e Ratra, 2000). Para que essa premissa se verifique, é necessário que as condições do meio sejam adequadas, sem nenhum fator que possa inibir o crescimento e o metabolismo da população microbiana (Kamiyama, 1988). Dependendo da origem da amostra, nem sempre se consegue

atender a esta premissa. Algumas amostras podem conter substâncias capazes de inibir ou dificultar o crescimento microbiano, por exemplo: a presença de metais e xenobióticos tóxicos, o que interfere diretamente no resultado da análise (Rodríguez, 1999; Mittal e Ratra, 2000).

A análise de DBO pode ser representada tanto na forma de DBO remanescente quanto na forma de DBO exercida (Von Sperling, 2014). O primeiro termo significa a concentração de matéria orgânica presente na massa líquida em um dado instante; o segundo é o oxigênio consumido para estabilizar a matéria orgânica até determinado instante. Ambos têm como unidade de massa o oxigênio por unidade de volume. Essa progressão pode ser vista na figura 2.



**Figura 2.** DBO exercida (oxigênio consumido) e DBO remanescente (matéria orgânica remanescente) ao longo do tempo. Adaptado de Von Sperling (2014).

A velocidade na qual o oxigênio é consumido no processo de estabilização da matéria orgânica pode ser aproximadamente determinada utilizando-se uma equação de primeira ordem (Equação 1), em que a taxa de velocidade da reação é proporcional à quantidade de matéria orgânica oxidável.

$$L = L_0e^{-kt} \tag{1}$$

Onde L é DBO remanescente em um tempo t qualquer, L<sub>0</sub> é DBO final, também denominado DBO última, k é o coeficiente de desoxigenação e t é o tempo em dias.

Em termos de consumo de oxigênio, é importante a quantificação da DBO exercida, que pode ser obtida após substituir L por (L<sub>0</sub>-y) na equação 1:

$$y = L_0(1 - e^{-kt}) \tag{2}$$

Onde y é a DBO exercida em um tempo t, e L<sub>0</sub> é a DBO final.

O coeficiente de desoxigenação k depende das características da amostra, da presença de substâncias inibidoras (salinidade ou substâncias tóxicas) e da temperatura.

Nesse estudo temos como hipóteses que a adição de sal na amostra, durante o ensaio de DBO

influenciará a constante cinética  $k$ , com consequências para uma análise de  $\text{DBO}_5$ . Para isso, testaram-se quatro métodos distintos, a fim de estimar a constante cinética  $k$ , sendo eles: Mínimos Quadrados, Gráfico de Thomas, Fujimoto e Iteração. Foram utilizados índices estatísticos para avaliar o desempenho dos diferentes métodos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o efeito da salinidade no ensaio de DBO, foi coletada uma amostra de 2,5 L de água de um rio urbano que sofre influência hidráulica da maré (zona de rio estuarina), a 10 metros a jusante do local onde são lançados os efluentes de uma estação de tratamento de esgoto sanitário em nível secundário (rio Papaquara, em Florianópolis – SC). A salinidade da amostra foi determinada por refratometria com resultado abaixo do nível de detecção, que é,  $1 \text{ g.L}^{-1}$ .

Foram transferidos 45 mL de alíquota para 44 frascos de DBO (300 mL) no total, os quais foram preenchidos totalmente com água de diluição contendo inibidor de nitrificação 2-cloro-6 (triclorometil) piridina (TCMP) e nutrientes, conforme a norma ABNT-NBR 12614 (1992). Em 22 frascos foram adicionados 4,5 g de cloreto de sódio (NaCl), resultando numa concentração de  $15 \text{ g.L}^{-1}$  de NaCl. O mesmo procedimento foi feito com o branco, sem adição da amostra. Os 44 frascos foram incubados a uma temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , sem a presença de luz. A determinação da concentração de oxigênio dos frascos ocorreu nos dias 1, 2, 3, 6, 7, 9, 13, 14, 16, 17, após a incubação, em duplicata para as garrafas com e sem sal, pelo método de Winkler (norma ABNT-NBR 10559/1988).

Para avaliar se as diferenças entre os resultados de DBO com e sem adição de sal são estatisticamente significativas, utilizou-se o teste Wilcoxon, com um nível de significância de 1%.

Para a estimativa dos parâmetros cinéticos do ensaio de DBO, foram utilizados quatro métodos. O primeiro deles foi o da inclinação, também conhecido por Mínimos Quadrados – MQ (Thomas, 1937). Este método baseia-se na fixação de um valor inicial para  $k$  e sua posterior convergência através de processos iterativos, com o ajuste da curva ao conjunto de dados experimentais, de tal forma que a soma dos quadrados dos resíduos (diferença entre os valores observados e calculados elevada ao quadrado) seja mínima. Por esse método, os valores de  $k$  e  $L_0$  podem ser encontrados mediante a equação de primeira ordem (Equação 2) e com os cálculos das seguintes equações:

$$S_{xx} = n \sum y t^2 - (\sum y)^2 \quad (3)$$

$$S_{xy} = n \sum y t \left( \frac{dy}{dt} \right) - (\sum y t) \cdot (\sum dy / dt) \quad (4)$$

$$k = (-k) = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (5)$$

$$A = \left[ \frac{\sum \left( \frac{dy}{dt} \right)}{n} \right] + \left[ \frac{k \sum (y t)}{n} \right] \quad (6)$$

$$L_0 = \frac{A}{-k} \quad (7)$$

Onde  $y$  é a DBO exercida no tempo,  $t$  é o tempo em dias,  $n$  é número de dados;  $A$  é coeficiente linear da reta.

O próximo método utilizado é conhecido como método Gráfico de Thomas (Thomas, 1950). Baseia-se na similaridade da função  $y = L_0 (1 - 10^{-(kt)})$  com a função  $2,3kt[1 + (2,3/6)kt]^{-3}$ , obtida através de desenvolvimentos matemáticos da função  $f(t) = 10^{-(kt)}$ . Após alguns rearranjos, tem-se a equação abaixo expressada pelos pares coordenados e lineares:

$$\left(\frac{t}{y}\right)^{1/3} = \left(\frac{1}{2,3 \cdot k \cdot L_0}\right)^{1/3} + \left[\frac{(2,3 \cdot k)^{2/3}}{6 \cdot L_0^{1/3}}\right] \cdot t \quad (8)$$

Onde  $y$  é a DBO exercida no tempo;  $k$  é o coeficiente de desoxigenação,  $L_0$  é a DBO final e  $t$  é o tempo em dias.

Por meio de um gráfico com o valor  $(t/y)^{1/3}$  (eixo das ordenadas) *versus*  $t$ , obtém-se a reta de melhor ajuste (regressão linear). Os valores de  $k$  e  $L_0$  são determinados pelas seguintes equações, através do uso dos coeficientes angular e linear obtido da regressão linear, ou seja:

$$k = \frac{2,61B}{A} \quad (9)$$

$$L_0 = \frac{1}{2,3 \times k \cdot A^3} \quad (10)$$

Onde  $A$  é coeficiente linear e  $B$  é o coeficiente angular da regressão linear.

O método utiliza o logaritmo na base 10 para as estimativas do coeficiente  $k$ . O valor de  $k$  foi convertido para a base dos logaritmos naturais (base 2,303), a fim de torná-lo comparável com os valores calculados pelos demais métodos, conforme a equação 11.

$$k_e = 2,3 \cdot k_{10} \quad (11)$$

O método de Fujimoto (1961) permite uma solução gráfica da equação de DBO, com as formulações consideradas dentro da equação de primeira ordem (Equação 2), através do método diferencial finito. O método envolve a criação gráfica de  $DBO_{(t+1)}$  (eixo das ordenadas) *versus*  $DBO_t$ , sendo o valor de  $L_0$  o ponto de intersecção desta reta, com uma reta de inclinação (coeficiente angular) igual a 1. A constante  $k$  foi determinada a partir da equação 2.

O método de iteração criado por Rai (2000) assume, inicialmente, o último valor de DBO observada como  $L_0$ . O valor de  $k$  é calculado segundo a equação 2, utilizando-se os valores de  $y$  encontrados no dia 1. Após, calculou-se  $L_0$  utilizando-se a equação 2 com o valor de  $k$  encontrado na etapa anteriormente e assumindo-se os valores de  $y$  encontrados no último dia do ensaio (dia 17). Novamente, calculou-se  $k$  utilizando-se a equação 2 e o valor de  $L_0$  encontrado anteriormente, dessa vez usando-se os valores encontrados no dia 2 como  $y$ . Assim, sucessivamente, até que todos os dados fornecidos na análise de DBO fossem utilizados. Os valores de  $k$  e  $L_0$  obtidos na última etapa são os seus valores corretos.

Para a avaliação dos diferentes métodos, foram utilizados quatro índices. O primeiro deles foi a raiz

média dos erros quadráticos, RMSE, que mede o erro em termos absolutos, quantificando-o na unidade da variável (Equação 12). O erro de tendência, MBE descreve a direção de polarização do erro; quando negativo, indica que o modelo subestima os dados observados e, quando positivo, superestima-os, sendo que seu valor está relacionado com a magnitude dos valores investigados (Equação 13). O coeficiente de determinação,  $R^2$ , é uma medida do ajuste da regressão linear entre os dados observados e os estimados pelo método (Equação 13). O índice de ajuste,  $d$  (Willmott, 1981), é uma medida de quão bem o modelo estima o afastamento dos dados da média observada (Equação 15). Os valores de  $R^2$  e  $d$  próximos de 1 indicam concordância entre os valores médios estimados e os observados.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(DBO_{est} - DBO_{obs})^2}{n}} \quad (12)$$

$$MBE = \frac{DBO_{est_{médio}} - DBO_{obs_{médio}}}{n} \quad (13)$$

$$R^2 = \frac{\sum(DBO_{est} - DBO_{obs_{médio}})^2}{\sum(DBO_{obs} - DBO_{obs_{médio}})^2} \quad (14)$$

$$d = 1 - \frac{\sum|DBO_{est} - DBO_{obs}|}{\sum|DBO_{obs} - DBO_{obs_{médio}}|} \quad (15)$$

Onde RMSE é a raiz média dos erros ao quadrado; MBE é o erro de tendência;  $R^2$  é o coeficiente de determinação;  $d$  é o índice de ajuste; DBO<sub>est</sub> são os valores estimados pelo modelo; DBO<sub>obs</sub> são os dados observados;  $n$  é o número de observações; DBO<sub>est<sub>méd</sub></sub> é a média dos valores estimados pelo modelo e DBO<sub>obs<sub>méd</sub></sub> é a média dos valores observados em campo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de sal trouxe uma redução estatisticamente significativa nos valores da DBO (teste Wilcoxon,  $p = 0,005$ ). Essas diferenças foram maiores durante os primeiros dias de ensaio, chegando a valores de 50% no primeiro dia de incubação e de apenas 2% no décimo sexto dia do experimento, conforme a figura 3. A redução observada pela adição de sal está relacionada a um prolongamento da fase de latência do crescimento microbiano (Figura 1), pois o aumento da salinidade faz com que os microrganismos reduzam o seu metabolismo devido à necessidade de superar as variações osmóticas resultando numa redução da velocidade de desoxigenação durante o ensaio da DBO (Souza, 2009). Fenômeno esse também observado por Rodríguez (1999), na adição de xenobióticos, e por Mittal e Ratra (2000), pela adição de íons metálicos durante o ensaio de DBO, ocorrendo o prolongamento da fase de latência até a adaptação dos microrganismos por aclimação no decurso de gerações sucessivas. Após a aclimação, há um crescimento exponencial dos microrganismos e a consequente redução do substrato orgânico da amostra.

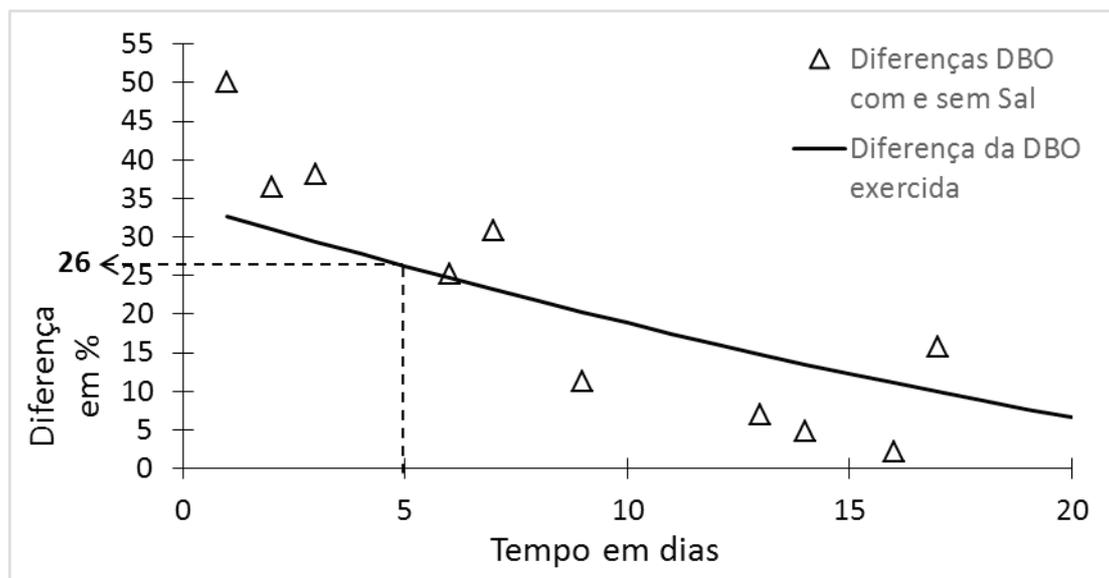


Figura 3. Diferença percentual entre os resultados da DBO com e sem sal.

Os quatro métodos apresentaram um bom desempenho, porém o método Mínimos Quadrados foi o que apresentou o melhor resultado nos quatro índices utilizados, seguido pelo método Gráfico de Thomas, conforme a tabela 1. Resultados semelhantes foram obtidos por Oke (2005) ao estimar os parâmetros cinéticos em águas residuais. Meneses (2006), ao determinar a constante  $k$  para lagoas de estabilização, verificou que existe diferença significativa entre os métodos Mínimos Quadrados e Gráfico de Thomas, para amostras de esgoto tratado, porém argumentou que esses modelos conseguem representar de forma satisfatória a constante cinética para esgoto bruto. Já Singh (2004), ao avaliar seis métodos para a estimativa dos parâmetros, utilizando os resultados dos ensaios em série para DBO de efluentes e águas de rios, concluiu que o método da iteração foi o mais adequado em seu estudo. O tipo de material orgânico disponível, a presença de substâncias interferentes ou as características das espécies de microrganismos presentes na amostra explicam o desempenho distinto dos diferentes métodos para estimar o coeficiente  $k$ .

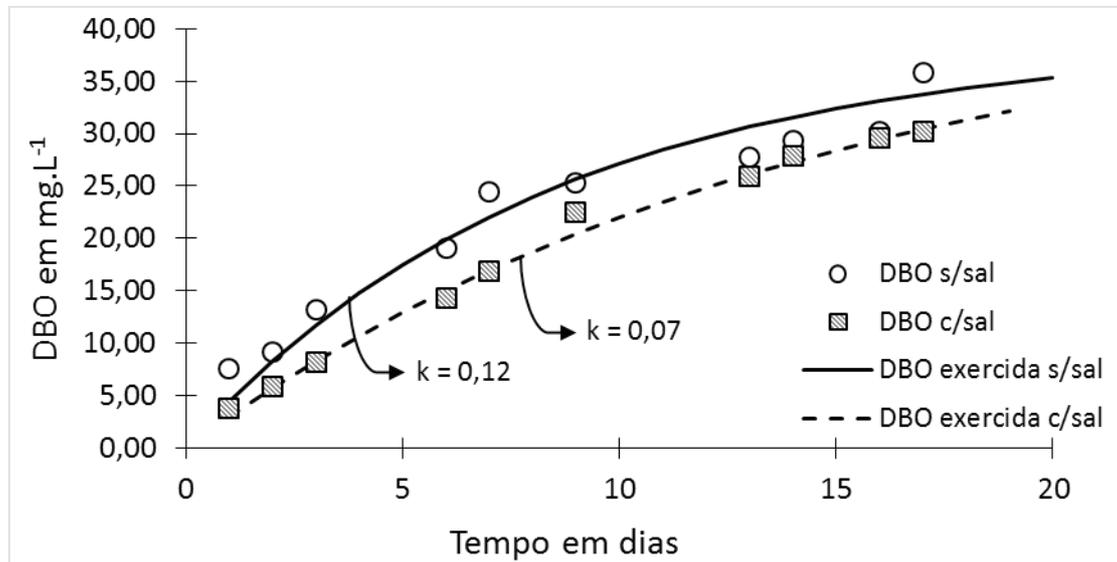
Tabela 1. Resultado dos parâmetros cinéticos obtidos pelos diferentes modelos e os índices estatísticos. \* Melhor resultado do índice estatístico.

Métodos	Parâmetros			Índices estatísticos		
	$k$ (dia <sup>-1</sup> )	$L_0$ (mg·L <sup>-1</sup> )	RMSE	MEB	R <sup>2</sup>	$d$
Mínimos quadrados	0,12	38,8	2,126*	-0,035*	0,967*	0,950*
Gráfico de Thomas	0,17	34,5	2,134	0,076	0,955	0,949
Fujimoto	0,04	78,1	4,134	-0,040	0,951	0,817
Iteração	0,20	30,4	2,358	-0,188	0,945	0,938

A diferença do resultado de DBO exercida entre os frascos com e sem sal, a partir dos parâmetros obtidos pelo método dos Mínimos Quadrados resulta numa diferença de 26% no quinto dia, conforme figura 3.

Através do método Mínimos Quadrados, observa-se que a presença de sal na amostra reduziu a

constante de desoxigenação em 41,7%, passando de 0,12 para 0,07  $\text{dia}^{-1}$ , (Tabela 1 e Figura 4). Em um estudo semelhante, Zainudin et al. (2010) avaliaram a influência de sal no coeficiente de desoxigenação, em diferentes salinidades e amostras, observando reduções no  $k$  (adicionando 15  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  de NaCl), variando de 9 a 17%.



**Figura 4.** Efeito do sal na curva de DBO exercida e na constante de reação  $k$ .

Conforme indicado na NBR 12614 (ABNT, 1992), não existe um padrão para determinar a precisão e a exatidão de um ensaio de DBO. Mesmo que se utilize uma amostra inerte padronizada, há uma dificuldade em padronizar a semente (inóculo microbiano) para a degradação desse material. Jouanneau et al. (2014) relacionam a variabilidade dos resultados do ensaio da DBO diretamente à variabilidade dos inóculos ambientais. A American Public Health Association - APHA (2005) indica que a precisão da  $\text{DBO}_5$  tem desvio padrão de 15,4%, reconhecendo a variabilidade desse resultado em função das características da semente a ser utilizada.

Amostras com presença de interferentes, no caso da salinidade, os valores da  $\text{DBO}_5$  não indicam a concentração real de matéria orgânica, uma vez que esta estará em parte inibida pelo sal, subestimando a concentração da  $\text{DBO}_5$ . Portanto esse efeito inibidor da salinidade deve ser considerado em análises de amostras ambientais oriundas de ambientes que sofram influência da salinidade.

## CONCLUSÕES

O ensaio da  $\text{DBO}_5$  é amplamente utilizado em águas doces, salobras e salinas, para a determinação da matéria orgânica biodegradável numa amostra. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho evidenciam a influência que o sal exerce na redução da cinética de desoxigenação da matéria orgânica e, conseqüentemente, sua interferência na análise da  $\text{DBO}_5$ . Assim, o efeito inibidor do sal deve ser considerado em análises de amostras oriundas de ambientes que sofrem variações de salinidade. O método Mínimos Quadrados se mostrou mais adequado na obtenção da constante de desoxigenação no ensaio da DBO.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1998. **NBR 10559. Águas - Determinação de oxigênio dissolvido - Método Iodométrico de Winkler e suas modificações.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 11p.
- \_\_\_\_\_. 1992. **NBR 12614. Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de Incubação (20°C, cinco dias).** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 5 p.
- APHA, American Public Health Association. 2005. **Standard methods for the examination of the water and wastewater.** 21. ed. Washington: APHA/WEF/AWWA, 937p.
- BRICKER, S. B. et al. 2008. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: a decade of change. **Harmful Algae**, 8(1):21-32.
- FUJIMOTO, Y. (1964). Graphical Use of First-Stage BOD Equation. **Journal (Water Pollution Control Federation)**, 36(1):69-71.
- JOUANNEAU, S. et al. 2014. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): a review. **Water Research**, 49:62–82.
- KAMIYAMA, H. 1988. A complexidade do DBO. **Revista DAE**, 48(152):28-32.
- MADIGAN, M. et al. 2012. **Microbiologia de Brock.** 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 1160p.
- MENESES, C. G. R. 2006. **Evolução da biodegradabilidade da matéria orgânica em um sistema de lagoas de estabilização.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 120p.
- MITTAL, S. K.; RATRA, R. K. 2000. Toxic effect of metal ions on biochemical oxygen demand. **Water Research**, 34(1):147-152.
- OKE, I. A.; AKINDAHUNSI, A. A. 2005. A statistical evaluation of methods of determining BOD rate. **Journal of Applied Sciences Research**, 1(2):223-227.
- RAI, R. K. 2000. Iteration method for the analysis of BOD data. **Indian Journal of Environmental Health**, 42(1):25-27.
- RODRÍGUEZ, M. G. 1999. Calculus of the biochemical oxygen demand of effluents with xenobiotics. **Journal of Environmental Science & Health Part A**, 34(4):879-897.
- SINGH, B. 2004. **Determination of BOD kinetic parameters and evaluation of alternate methods.** Thesis (Environmental Engineering) – Thapar Institute of Engineering and Technology, Patiala, India, 74p.
- SOUZA, C. S. 2009. **Biodegradação de efluentes sanitários no estuário do rio Poxim em Aracaju/SE.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 106p.
- THOMAS, H. A. (1937). The "Slope" Method of Evaluating the Constants of the First-Stage Biochemical Oxygen-Demand Curve. **Sewage Works Journal**, 9(3), 425-430.
- \_\_\_\_\_. (1950). Graphical determination of BOD curve constants. **Water & Sewage Works**, 97, 123-124.
- VERÓL, A. P.; VOLSCHAN Jr., I. 2007. Inventário e análise de padrões de lançamento de esgotos sanitários: visão nacional e internacional. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. p. 3-3
- VON SPERLING, M. 2014. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto.** 4. ed. Belo Horizonte: DESA-UFGM, 452p.
- WILLMOTT, C. J. 1981. On the validation of models. **Physical Geography**, 2(2):184-194.
- ZAINUDIN, Z.; MOHAMED, M.; RAMLI, M. 2010. Effects of induced salinity on BOD reaction kinetics of river water samples. **The Malaysian Journal of Analytical Sciences**, 14(1):24-31.