

## **SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA DO RIO JAGUARI E EM CÓRREGOS AFLUENTES**

Samanta Moreira da Silva, Jonas Antonio da Silva, André Alberto\*

Rod. João Beira, Km 46,5 – Bairro Modelo – Caixa Postal 118 – CEP: 13.905-529 – Amparo/SP

### **RESUMO**

Córregos podem contribuir para a diluição do esgoto doméstico que é lançado sem tratamento prévio no rio Jaguari, mas se os mesmos também recebem esgoto podem agravar o quadro de poluição. O objetivo do presente estudo é determinar a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água (% OD) na porção final de quatro córregos afluentes do rio Jaguari, na área urbana de Pedreira/SP, calcular a vazão dos mesmos e também determinar a % OD do rio a montante e a jusante da entrada de água dos córregos. As coletas foram realizadas nos dias 16 e 17/06/12 e 07 e 28/07/12. O oxigênio dissolvido foi determinado de acordo com o método de Winkler e para o cálculo de % OD foi considerada a solubilidade do gás em relação à temperatura e aplicado o fator de correção da pressão parcial. A vazão média foi determinada calculando-se a área média entre duas seções do córrego (largura x profundidade) multiplicada pela velocidade média. Os resultados indicam que em três córregos os valores médios de % OD não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p \geq 0,05$ ) a montante e a jusante do rio, mas no córrego Caxambu a % OD obtida a montante (72,3%) foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior a detectada a jusante (44,5%). Conclui-se que os córregos São João, Santa Clara e Santa Cruz, cujas vazões somadas alcançaram 930 L/s, não impactaram negativamente o Jaguari, mas o córrego Caxambu (vazão de 120 L/s) possivelmente contribuiu para agravar a poluição em um trecho do rio.

**Palavras-chave:** poluição orgânica, saturação de oxigênio dissolvido, rio Jaguari.

## **ABSTRACT**

Brooks can contribute to the dilution of untreated domestic wastewater released into the Jaguari river, but if those also receive sewage, it may increase the pollution. The objective of this study is to determine the percentual saturation of oxygen, dissolved in water (% DO) at the final heap, of four affluent brooks, of the Jaguari river, at urban area of the city of Pedreira/SP, determine its flow, and also the % DO river at upstream and downstream of each brook. Samples were collected on days 16 and 06/17/12 and 07 and 07/28/12. Dissolved oxygen was determined using Winkler's method and, for the % DO was considered the solubility of the gas in relation to the temperature and the correction factor obtained from partial pressure. The average flow rate was determined by calculating the average area between two sections of the stream (width x depth) multiplied by the average speed. The results suggests that, in three brooks, the average % DO shown no statistically significant differences ( $p \geq 0.05$ ) at upstream and downstream of the brook, but on Caxambu brook, % DO obtained upstream (72.3%) was significantly ( $p < 0.05$ ) higher than the detected downstream (44.5%). We conclude that the brooks São João, Santa Clara and Santa Cruz, which flows summed reached 930 L/s, not negatively impact Jaguari river, but Caxambu brook (flow rate of 120 L/s) possibly contributed to increase pollution in a portion of the river.

**Keywords:** Organic pollution, dissolved oxygen saturation, Jaguari river.

## INTRODUÇÃO

As alterações de natureza ecológica que ocorrem em um rio que recebe esgotos são, na maioria das vezes, causadas não pela introdução de um elemento letal, mas, pelo contrário, pela introdução de excesso de alimento. É o consumo de alimentos por organismos decompositores que leva à depressão do conteúdo de oxigênio dissolvido na água (BRANCO, 1983; ESTEVES, 1988).

Segundo Schäfer (1984), uma das características mais importantes da água no funcionamento dos ecossistemas aquáticos é a capacidade de solubilização de gases, em especial o oxigênio, cuja presença ou ausência influi decisivamente nas comunidades aquáticas e no balanço de vários nutrientes.

Rios representam o principal meio de descarga de esgotos, resultando que todos os processos de modificações nas condições bióticas e abióticas foram estudados em rios poluídos por esgotos domésticos (SCHÄFER, 1984). De acordo com Fellenberg (2009), os esgotos urbanos contêm detritos orgânicos, restos de alimentos, sabões e detergentes, portanto, essencialmente contêm carboidratos, gorduras, materiais protéicos e fosfatos.

Os rios, no entanto, conseguem se recuperar graças ao fenômeno natural de autodepuração de suas águas, situação em que os compostos orgânicos do esgoto são convertidos em compostos inertes e não-prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON-SPERLING, 1996). Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais (CETESB, 2009).

O rio Jaguari é o principal dreno natural de águas da cidade de Pedreira/SP e ao longo de suas margens, de acordo com Pereira *et al.* (2010), estão instalados mais de 200 emissários de esgoto.

Este rio recebe a contribuição de córregos afluentes no trecho urbano de Pedreira e talvez o volume de água despejado pelos mesmos favoreça a diluição dos esgotos. Porém, se eles também recebem esgotos essa condição pode, ao invés de contribuir para a autodepuração do rio, agravar o quadro de poluição.

## OBJETIVO

Determinar a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (% OD) na água na porção final de quatro dos principais córregos afluentes do rio Jaguari, na área urbana de Pedreira/SP,

calcular a vazão dos mesmos e também determinar a % OD na água do rio Jaguari antes e após a entrada de água dos córregos.

## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

Pedreira (22°44'33,1" S e 46°54'43,4" W), município pertencente à região metropolitana de Campinas, está situada a uma altitude de 590 metros, possui uma área de 110 km<sup>2</sup> e uma população que alcança quase 42 mil habitantes, de acordo com o Censo Demográfico do IBGE (PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDREIRA, 2012).

As nascentes do rio Jaguari estão localizadas no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Camandocaia, Extrema, Itapeva e Toledo. Em Extrema o rio Jaguari recebe um afluente importante, o rio Camandocaia Mineiro. Alguns quilômetros abaixo da referida confluência, já em território paulista, o rio Jaguari é represado e integra o sistema denominado "Cantareira", construído para permitir a reversão de água para a bacia do Alto Tietê, como reforço ao abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Pela junção dos rios Jaguari e Atibaia nasce o rio Piracicaba, no município de

Americana/SP, seguindo depois até o município de Barra Bonita/SP, onde ocorre sua foz junto ao rio Tietê (SERRA DO LOPO, 2012).

O rio Jaguari recebe a contribuição de vários córregos na cidade de Pedreira e os selecionados para o presente estudo são: Córrego Santa Clara, Córrego Caxambu (Triunfo), Córrego São João e Córrego Santa Cruz. Todos se localizam a margem direita do rio Jaguari, com exceção do córrego Santa Clara (Figura 1).

Os córregos Santa Clara e Santa Cruz possuem margens arborizadas e os córregos Caxambu (Triunfo) e São João possuem margens com áreas livres e trechos em que há muros de arrimo. Em todos os córregos foram visualizados emissários de esgoto.

### **Coleta e análise de água**

Foram efetuadas quatro coletas de água na porção final de cada um dos quatro córregos e também aproximadamente cinco metros a montante e cem metros a jusante da confluência dos córregos com o rio Jaguari. As coletas foram realizadas nos dias 16 e 17 de junho e 07 e 28/07 de 2012, em três repetições, totalizando nove amostras de água em cada local, em cada dia: três amostras do córrego e seis do rio.



Figura 1. Locais de coleta de água no rio Jaguarí e nos córregos afluentes, cidade de Pedreira/SP. 1 = córrego São João; 2 = córrego Caxambu (Triunfo); 3 = córrego Santa Clara; 4 = córrego Santa Cruz. Os locais 1, 2 e 4 localizam-se na margem direita do rio (GOOGLE MAPS, 2012).

As amostras foram coletadas em frascos de vidro esmerilhado a uma distância entre 1 a 2 metros da margem do rio a jusante e a montante, em três diferentes pontos. As coletas nos córregos também foram realizadas em três diferentes pontos.

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água foram determinadas de acordo com o método de Winkler (GOLTERMAN *et al.*, 1978). Os valores obtidos foram convertidos em porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água (% OD). Para o cálculo foi

considerada a solubilidade do gás em relação à temperatura da água e aplicado o fator de correção da pressão parcial para a altitude de 600 metros, de acordo com Schäfer (1984).

A temperatura da água foi determinada com o emprego de um termômetro de coluna alcoólica.

#### **Determinação da vazão**

A vazão dos córregos foi determinada baseando-se na metodologia descrita em Fill (1987): a área média entre duas seções do córrego (largura x profundidade) foi multiplicada pela velocidade média, resultando na vazão média.

## Análise dos dados

Os valores de % OD obtidos são apresentados como valores médios  $\pm$  o desvio padrão.

Para os valores que apresentaram distribuição normal foi aplicado o teste paramétrico de Tukey. Para tanto, foram calculados os coeficientes de variação, da seguinte maneira:

$CV = SD/M \times 100$ , onde CV = coeficiente de variação; SD = desvio padrão; M = média. Valores  $\leq 20\%$  foram considerados como sendo de distribuição normal.

Para os valores cujos CV foram  $> 20\%$ , teste não paramétrico (teste de Dunn) foi empregado.

## RESULTADOS

Na Tabela 1 podem ser observados os valores médios de % OD e de vazão obtidos na primeira coleta. Não existem diferenças estatisticamente significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre os valores médios de % OD obtidos a montante, a jusante e no córrego São João e o mesmo vale para o córrego Santa Cruz.

Tabela 1. Valores médios  $\pm$  o desvio padrão da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água de quatro córregos afluentes do rio Jaguari, Pedreira/SP, e do próprio rio, cinco metros a montante e cem metros a jusante no ponto em que os córregos deságuam, em três repetições, nos dias 16 e 17/06/12. Os valores entre parênteses correspondem a vazão.

	Montante	Córrego	Jusante
São João (710) L/s	84,5 $\pm$ 8,9 <sup>ns</sup>	77,7 $\pm$ 14,0 <sup>ns</sup>	76,0 $\pm$ 13,5 <sup>ns</sup>
Caxambu (120 L/s)	72,3 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	6,5 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	44,5 $\pm$ 4,9 <sup>c</sup>
Santa Clara (10 L/s)	80,9 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	69,0 $\pm$ 5,8 <sup>b</sup>	81,0 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>
Santa Cruz (210 L/s)	81,0 $\pm$ 12,4 <sup>ns</sup>	67,1 $\pm$ 12,1 <sup>ns</sup>	82,4 $\pm$ 7,0 <sup>ns</sup>

<sup>a/b/c</sup> letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre si ( $p < 0,05$ ) e letras iguais indicam inexistência de diferença estatisticamente significativa entre si ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste paramétrico de Tukey; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

O valor médio de % OD do córrego Santa Clara é significativamente ( $p < 0,05$ ) inferior aos valores detectados na água do rio Jaguari, porém não há

diferença estatisticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre os valores de % OD obtidos a montante e a jusante (Tabela 1).

Pode ser constatado na Tabela 1 que o valor médio de % OD obtido no córrego Caxambu é significativamente ( $p < 0,05$ ) inferior aos valores detectados na água do rio Jaguari e, por sua vez, o valor médio de % OD obtido a montante é estatisticamente superior ( $p < 0,05$ ) ao valor obtido a jusante.

Com relação à vazão média, o córrego São João apresentou o maior valor e o córrego Santa Clara o menor valor. Os córregos Caxambu e Santa Cruz apresentaram vazões intermediárias (Tabela 1).

Na Tabela 2 são observados os valores médios de % OD resultantes da segunda coleta. Não há diferenças estatisticamente significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre os valores médios de % OD obtidos entre os córregos e o rio e entre montante e jusante do rio, com exceção do córrego Caxambu. Neste córrego os valores médios obtidos são significativamente ( $p < 0,05$ ) inferiores aos valores obtidos para a montante.

Tabela 2. Valores médios  $\pm$  o desvio padrão da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água de quatro córregos afluentes do rio Jaguari, Pedreira/SP, e do próprio rio, cinco metros a montante e cem metros a jusante no ponto em que os córregos deságuam, em três repetições, nos dias 07 e 28/07/12.

	Montante	Córrego	Jusante
São João	82,8 $\pm$ 2,0 <sup>nsT</sup>	72,3 $\pm$ 10,3 <sup>nsT</sup>	76,6 $\pm$ 7,1 <sup>nsT</sup>
Caxambu	68,9 $\pm$ 12,2 <sup>a</sup>	21,8 $\pm$ 22,7 <sup>b</sup>	59,2 $\pm$ 14,5 <sup>nsD</sup>
Santa Clara	76,4 $\pm$ 7,1 <sup>nsT</sup>	72,6 $\pm$ 6,6 <sup>nsT</sup>	75,2 $\pm$ 8,2 <sup>nsT</sup>
Santa Cruz	80,1 $\pm$ 2,6 <sup>nsT</sup>	72,0 $\pm$ 12,6 <sup>nsT</sup>	76,0 $\pm$ 11,6 <sup>nsT</sup>

<sup>a/b</sup> letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste não paramétrico de Dunn.

<sup>nsT</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey; <sup>nsD</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Dunn.

## DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos na primeira coleta é possível afirmar que as águas despejadas pelos córregos afluentes Santa Clara, São João e Santa Cruz não interferiram de modo significativo na autodepuração da água do rio Jaguari a jusante.

Por outro lado, a água do córrego Caxambu, cuja % OD não alcançava 7% (Tabela 1), possivelmente contribuiu para reduzir significativamente a % OD de um trecho do rio a jusante, apesar da reduzida vazão deste córrego – 120 L/s (Tabela 1) quando comparada a vazão de 13.000 L/s calculada para o rio Jaguari no dia 16/06/12, no posto fluviométrico D3-045T/3D-008T, na cidade de Jaguariúna, distante cerca de 13 quilômetros dos locais de coleta (SALA DE SITUAÇÃO PCJ, 2012).

Monticeli & Martins (1993) afirmam que para cada litro de esgoto que chega ao rio são consumidos o oxigênio dissolvido em vinte e dois litros de água.

A dissolução de oxigênio na água, além de depender da temperatura e da pressão, é profundamente afetada quando poluentes orgânicos biodegradáveis são lançados no curso receptor. Quando um efluente que contém compostos biodegradáveis, como é o caso do

esgoto doméstico, é descartado num rio, as bactérias originalmente presentes na água degradam esses compostos e consomem o oxigênio dissolvido na água (SANT'ANNA JUNIOR, 2010).

Na segunda coleta foi detectado o mesmo padrão observado na primeira coleta para os córregos Santa Clara, São João e Santa Cruz, ou seja, esses corpos d'água não alteraram significativamente a água do rio Jaguari a jusante.

Diferentemente do ocorrido na primeira coleta, a água do córrego Caxambu, apesar da % OD média de apenas 21% (Tabela 1), não alterou significativamente a saturação de oxigênio do rio a jusante. A explicação para esse fato pode ser a intermitência no lançamento de esgotos orgânicos no córrego, fato que pode ser corroborado pelo valor elevado de desvio padrão ( $\pm 22,7$ ; Tabela 2) calculado, que, inclusive, determinou o emprego de teste estatístico não-paramétrico.

A primeira coleta foi realizada em dois dias consecutivos e na segunda houve intervalo de 21 dias entre as amostragens, ocorrência que contribui para explicar a hipótese do lançamento intermitente de esgotos, pois no dia 07/07 o valor médio de % OD era de 7% e no dia 28/07 era de

45%, muito embora os valores de % OD para os outros córregos oscilaram pouco entre a primeira e a segunda coletas (Tabelas 1 e 2).

Ademais, informações não oficiais obtidas revelam que o córrego Caxambu não recebe, normalmente, esgoto doméstico, mas que por problemas na bomba da estação elevatória de esgoto o efluente não é captado e, conseqüentemente, é lançado diretamente no córrego. Na primeira amostragem talvez a bomba estivesse quebrada e na segunda a mesma funcionava, embora a % OD no dia 28/07 não ultrapassasse 57%. Provavelmente existem lançamentos clandestinos de esgoto no córrego Caxambu.

De qualquer modo, os valores de % OD calculados para os quatro córregos, sobretudo para o córrego Caxambu, indicam que os mesmos provavelmente recebem esgotos domésticos, uma vez que os valores de % OD não ultrapassaram 78%.

Alberto e Ribeiro-Filho (2012) avaliaram a influência de esgoto doméstico na água do rio Camandocaia. A montante da cidade de Amparo/SP, em um trecho do rio que recebe efluentes orgânicos, a saturação média de oxigênio dissolvido obtida foi de 75%.

## CONCLUSÃO

Todos os córregos estudados provavelmente recebem esgoto doméstico, mas não em quantidade suficiente que resulte em prejuízo para a autodepuração da água do rio Jaguari. Exceção feita ao córrego Caxambu, uma vez que na coleta de junho houve redução significativa ( $p < 0,05$ ) da saturação de oxigênio dissolvido na água do rio Jaguari a jusante, possivelmente provocada pela introdução de água poluída por esgoto orgânico do córrego.

## REFERÊNCIAS

- Alberto, A., Ribeiro Filho, B. Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 34, n. 2, p. 173-179, 2012.
- Branco, S. M. *Poluição: a morte de nossos rios*. 2ª ed. São Paulo, ASCETESB, 1983.
- Cetesb. *Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, 2009. 44p.
- Esteves, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988.
- Fellenberg, G. *Introdução aos problemas da poluição ambiental*. São Paulo: Pedagógica e universitária, 2009.

Fill, H. D. *Informações hidrológicas: modelos para gerenciamento de recursos hídricos*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987.

Golterman, H. L.; Clymo, R. S.; Ohstad, M. A. M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2. ed. Oxford: IBP, 1978.

Google Maps. Disponível em <<http://maps.google.com/>>. Acesso em 01 set. 2012.

Monticeli, J. J., MARTINS, J. P. *A luta pela água nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. Capivari: EME, 1993. v. 1, 126 p.

Pereira, J. M., Freitas, L., Olive, M. C., Oliveira, P. I., Souza, S. A. *Condições sanitárias ao longo de trecho urbano do rio Jaguari, município de Pedreira/SP*. Amparo: UNIFIA, 2010. Monografia de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Prefeitura Municipal de Pedreira. A cidade: dados gerais 2012. Disponível em: <<http://www.pedreira.sp.gov.br/>>. Acesso em: 31 out. 2012.

Sala de Situação PCJ. Boletim mensal junho/2012. Disponível em: <[http://177.19.198.32/wp-content/galeria/2011/05/Relatorio\\_junho\\_2012.pdf](http://177.19.198.32/wp-content/galeria/2011/05/Relatorio_junho_2012.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2012.

Sant'Anna Junior, G. L. *Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

Serra do Lopo. 2012. *Rio Jaguari*. Disponível em <<http://www.serradolopo.com.br/site/17/pg20.asp>>.

Acesso em 31 de out. 12

Schäfer, A. *Fundamentos de ecologia e biogeografia de águas continentais*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1984.

Von-Sperling, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: introdução e qualidade das águas e do tratamento de esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: FMG, 1996.