

# Caracterização físico-química da carga dissolvida dos rios Jundiá e Capivari, São Paulo

Helder de Oliveira<sup>1\*</sup>  
Jefferson Mortatti<sup>1</sup>  
Graziela Meneghel de Moraes<sup>1</sup>  
Diego Vendramini<sup>1</sup>  
Karine Baldo de Genova Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

\*Autor correspondente: helder@cena.usp.br

## Resumo

Para a caracterização físico-química da carga dissolvida dos rios Jundiá e Capivari, foram quantificadas, durante o período de abril de 2011 a dezembro de 2012, as concentrações dos principais parâmetros físico-químicos, pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio, associadas às respectivas vazões instantâneas nas águas fluviais dos rios Jundiá e Capivari, próximos às nascentes e à foz. Foi possível verificar que o pH variou próximo à neutralidade da nascente para a foz dos rios Jundiá e Capivari, não apresentando padrão de diluição, enquanto a variabilidade da temperatura das águas para ambas as bacias de drenagem foi influenciada principalmente por fatores externos. As concentrações de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio nas águas da foz dos rios Jundiá e Capivari se mostraram em desacordo com os limites de referência estabelecidos pelo CONAMA 375/05, indicando influência antrópica nas áreas próximas às nascentes de ambos os rios estudados e maior antropização na foz do rio Jundiá em comparação com a foz do rio Capivari. A condutividade elétrica se mostrou elevada na foz dos rios estudados, e sua variabilidade em função da vazão permitiu o ajuste de modelos de potência, evidenciando influência antrópica mais efetiva na bacia do rio Jundiá, sendo observados também indícios de degradação hídrica nas áreas próximas às nascentes dos rios Jundiá e Capivari pela variabilidade do oxigênio dissolvido em função da temperatura.

**Palavras-chave:** rio Jundiá, rio Capivari, parâmetros físico-químicos, águas fluviais.

## Abstract

*For the physico-chemical characterization of the dissolved load of Jundiá and Capivari rivers, the concentrations of the main physico-chemical parameters (pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand) related to their instantaneous discharges in the waters of Jundiá e Capivari rivers were quantified between April 2011 and December 2012 near the headwaters and the mouth. It was not observed significant variation of pH from the headwaters to the mouth of these rivers, not showing dilution pattern, while variability in water temperature was mainly influenced by external factors. The dissolved oxygen and biochemical oxygen demand concentrations proved at odds with the reference limits established by CONAMA 375/05, indicating anthropogenic influence in headwater areas in both studied rivers e greater anthropogenic disturbance in the mouth of Jundiá river, compared to the mouth of Capivari river.*

*Bilogarithmic relationships were verified between conductivity and discharges, indicating more effective anthropogenic influence in Jundiá river basin, with water degradation being also observed in areas near the headwaters of Jundiá and Capivari rivers by dissolved oxygen variability as a function of temperature.*

*Keywords: Jundiá river, Capivari river, physico-chemical parameters, river waters.*

## 1. INTRODUÇÃO

De uma forma geral, o uso racional de água fluvial para o consumo humano envolve diversos problemas como tratamento, distribuição e conservação. A sua composição química é influenciada por fatores interconectados como clima, vegetação, declividade, topografia, tipo de rochas e solos, ciclos hidrológicos e a influência antrópica em bacias de drenagem (Figueiredo *et al.* 2012). A poluição fluvial, que é muito danosa, tem como principais origens as atividades domésticas, agrícolas e industriais e somente é destacada pelos meios de comunicação em casos de acidentes graves (Mortatti *et al.* 2012).

Situadas em uma das regiões mais industrializadas do Estado de São Paulo e com economias com alto índice de crescimento, as bacias dos rios Jundiá e Capivari apresentam problemas de disponibilidade hídrica e degradação de seus corpos fluviais. Com uma população de 1.567.479 habitantes, estimada em 2009 (IBGE 2010), o lançamento direto de efluentes domésticos sem prévio tratamento é a principal fonte de poluição responsável pela degradação de suas águas, conforme relatado pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH/PCJ 2007).

De acordo com Neves & Cardoso (2006), para a recuperação da qualidade das águas do rio Jundiá há necessidade de uma ação conjunta contundente entre os municípios para iniciar a recuperação, considerando também outros problemas que atuam na deterioração da qualidade ambiental.

Em estudo pioneiro sobre as características de uso, ocupação e intervenções antrópicas na bacia do rio Capivari, Collares (2000) efetuou um levantamento de variáveis morfométricas em duas datas, com um intervalo de 23 anos, concluindo que alterações significativas ocorreram mais em áreas urbanas ou em processo de urbanização do que em zonas rurais, com predomínio de pastagens e ou cana-de-açúcar e recomendando o monitoramento da qualidade das águas na bacia de drenagem, além da análise das alterações em componentes da paisagem.

Uma das maneiras de se avaliar a qualidade das águas fluviais é o monitoramento físico-químico da carga dissolvida, observando aspectos como condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e temperatura.

A condutividade elétrica permite a avaliação do grau de mineralização dessas águas e, de um modo geral, aumenta em função das concentrações iônicas (Gac & Kane 1986).

O potencial hidrogeniônico (pH) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica das águas superficiais, sendo alterado pelas concentrações de íons H<sup>+</sup> originados da dissociação do ácido carbônico (Esteves 1988). As variações desse parâmetro em águas fluviais, de acordo com Branco (1986), são ocasionadas geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), realizados pelos organismos fotossintetizadores e fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos. Ainda segundo o autor, a introdução do CO<sub>2</sub> nos corpos d'água pode ser efetuada por águas de chuva, ar atmosférico e matéria orgânica do solo. Outro fator que também pode alterar o pH dessas águas é a poluição antrópica, em específico o esgoto doméstico.

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro de fundamental importância para caracterizar a qualidade dos sistemas aquáticos e verificar as condições aeróbicas na água provocadas pela eutrofização e poluição orgânica (Carmouze 1994). Segundo Farias (2006), um rio considerado sem poluição, em condições naturais, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg/L. Entretanto, a sua concentração está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (Palma e Silva 1999).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma amostra de água fluvial é uma medida que calcula a quantidade de oxigênio dissolvido necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB 1991). No método de ensaio padronizado L5.120 do referido órgão fiscalizador, utilizado para águas naturais, efluentes domésticos e industriais, lodos e águas de mar, a DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, em uma temperatura de incubação específica.

A temperatura da água de um rio influencia na concentração de outras variáveis, como oxigênio dissolvido e matéria orgânica, sofrendo variações ao longo das estações do ano e mesmo durante o dia e à noite (Porto *et al.* 1991).

O presente trabalho teve por objetivo efetuar uma caracterização físico-química da carga dissolvida dos rios Jundiá e Capivari, desde a nascente até a foz, visando obter informações sobre a qualidade de suas águas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Áreas de estudo

A bacia do rio Capivari é uma região predominante agrícola, ocupada por cana-de-açúcar, milho, café, áreas de pastagens e reflorestamentos. A sua economia é baseada nas indústrias sucro-alcooleira, química, de curtumes, têxtil e alimentícia de pequeno porte. A bacia de drenagem está localizada entre as coordenadas 22°48' a 23°09' de latitude sul e 47°51' a 46°48' de longitude oeste, a uma altitude de 750 m em suas nascentes na Serra do Jardim, entre os municípios de Itatiba e Jundiá, São Paulo, com desnível topográfico inferior a 250 m, com uma área de 1.621 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 626.752 habitantes (IBGE 2010), recebendo em seus 213 km efluentes de sete municípios, dos quais cinco não possuem nenhum sistema de tratamento.

A bacia do rio Jundiá é uma das regiões mais industrializadas do Estado de São Paulo, apresenta alta concentração urbana e problemas de disponibilidade hídrica causados principalmente pela degradação ambiental (Neves & Cardoso 2006). Em seus 123 km de extensão, o rio Jundiá recebe

os efluentes de várias cidades, com um total de 940.727 habitantes (IBGE 2010), sendo que em apenas duas são tratados os esgotos. A bacia de drenagem com 1.114 km<sup>2</sup> está localizada entre as coordenadas 23°04' a 23°20' de latitude sul e 47°18' a 46°33' de longitude oeste, a uma altitude de 1.000 m em suas nascentes na Serra da Pedra Vermelha em Mairiporã, São Paulo, com desnível topográfico de cerca de 500 m. O rio Jundiá tem como seus principais afluentes o rio Jundiá Mirim e o Ribeirão Piraí (CETEC 2000).

As bacias de drenagem dos rios Jundiá e Capivari podem ser observadas na Figura 1, onde são destacadas as respectivas estações de amostragem, nas áreas próximas às nascentes e à foz.

Nas estações previamente definidas, próximas às áreas das nascentes e da foz dos rios Jundiá e Capivari, foram realizadas 15 excursões de amostragens correspondendo ao período de abril de 2011 a dezembro de 2012, procurando obter amostras representativas das cargas dissolvidas de todo o hidrograma de cheia dessas bacias.

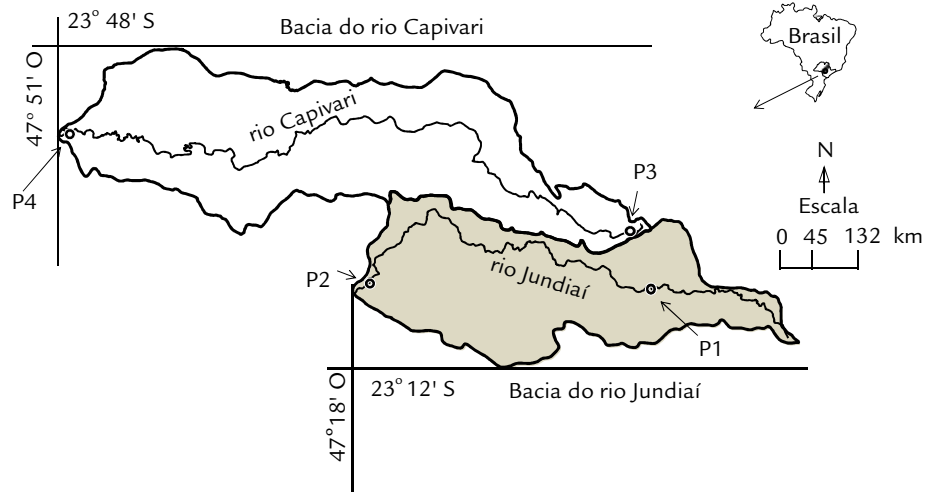


Figura 1

Localização das bacias de drenagens, e respectivas estações de amostragem, nas áreas próximas às nascentes dos rios Jundiá e Capivari.

P1: nascente do rio Jundiá; P2: foz do rio Jundiá; P3: nascente do rio Capivari; P4: foz do rio Capivari.

### 2.2. Características hidrológicas das bacias dos rios Jundiá e Capivari

Atualmente, não existem postos fluviométricos em operação com dados atuais nos cursos de água dos rios Jundiá e Capivari, entretanto foi possível verificar as características hidrológicas das bacias estudadas utilizando as bases de dados diários da série histórica de 1958 a 2006 do regime fluviométrico, fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA 2011), e do regime pluviométrico, fornecidas pelo SIGRH (2011).

A vazão média anual observada para a bacia do rio Jundiá foi de 8,2 m<sup>3</sup>/s, com o valor máximo de 19,4 m<sup>3</sup>/s em 1983 e o mínimo de 3,7 m<sup>3</sup>/s em 1969, para período de 1958 a 2006, referente à estação fluviométrica de Itupeva (23°09'S, 47°03'O e código da ANA 62395000). O regime pluviométrico, no referido período, foi caracterizado como tropical típico,

com as chuvas iniciando em outubro e findando em março e um período de estiagem de abril a setembro. O total anual médio precipitado foi de 1.426 mm, com valor máximo de 2.258 mm em 1983 e mínimo de 924 mm em 1963, para a estação Ermida, Jundiá (23°12'S, 46°59'O, código E3-053, DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica)). O regime térmico possui características tropicais e subtropicais, com temperatura média anual variando entre 18 e 20°C (Neves & Cardoso 2006), sendo classificado como Cwa de acordo com Köppen, com inverno seco e verão quente.

Na bacia do Capivari, a vazão média anual estimada foi de 6,4 m<sup>3</sup>/s, com o valor máximo de 16,8 m<sup>3</sup>/s em 1983 e o mínimo de 1,4 m<sup>3</sup>/s em 1969, para período de 1958 a 2006,

referente à estação fluviométrica Monte Mor (22°57'S, 47°17'O e código da ANA 62420000). O total anual médio precipitado foi de 1.290 mm, com valor máximo de 1.980 mm em 1983 e mínimo de 866 mm em 1963, com dados da estação Capivari (23°00'S, 47°30'O, código D4-069, DAEE), no período de 1958 a 2006. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na bacia de drenagem foi também Cwa.

Para o período estudado entre 2011 e 2012, foi possível verificar uma precipitação total anual de 1.173 a 1.517 mm na bacia do rio Jundiá, sendo janeiro o mês mais chuvoso (350,5 mm) e agosto o mês mais seco (0,0 mm), e a temperatura variou entre 1,8 a 35,1°C. Na bacia do rio Capivari, foi observada precipitação total anual de 1.379 a 1.619 mm, sendo janeiro (445,0 mm) e agosto (0,0 mm) os meses mais chuvoso e seco, respectivamente. A temperatura média foi de 22,0°C.

Nas Figuras 2A a 2D, podem ser observados os hidrogramas dos regimes pluviométricos (escala y à esquerda) e as vazões instantâneas (escala y à direita), representadas pelos círculos (amostragem de dados) das medidas em ambas as bacias de drenagem, relativas às 15 excursões de amostragem no período de 01/04/2011 a 31/12/2012. Os dados de precipitação referem-se às estações E. Campo Limpo Paulista; E. Jundiá-ETEC e E. Capivari (Brunini 2006).

A representatividade das amostragens em função do regime hidrológico, pode ser observada nas Figuras 2A a 2D, que relacionam os altos e baixos valores de precipitação com as vazões instantâneas das bacias de drenagem, abrangendo toda a hidrógrafa no período seco e úmido ocorrido nas bacias dos rios Jundiá e Capivari.

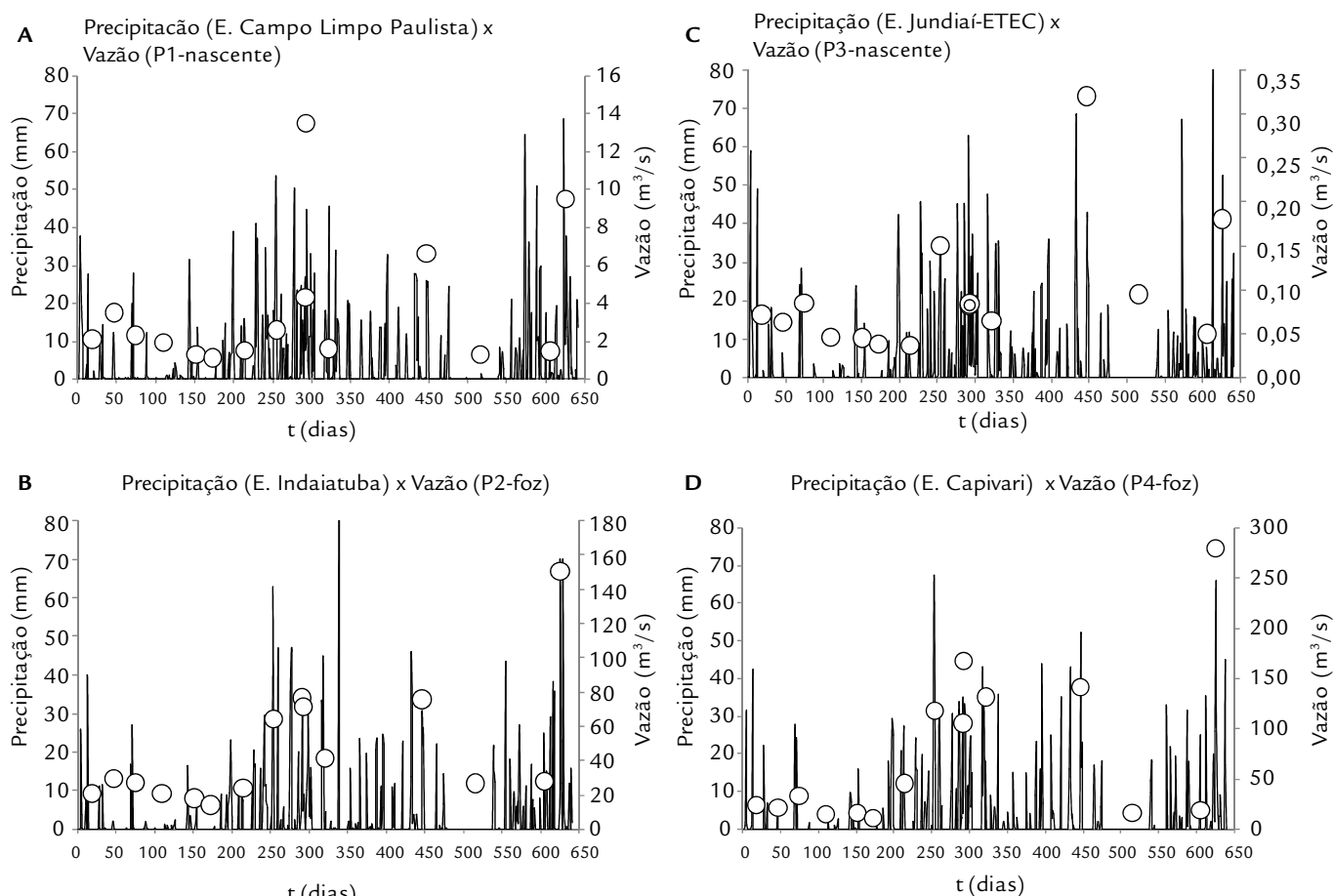


Figura 2

Variação da precipitação diária (mm) e das vazões instantâneas ( $m^3/s$ ), correspondente às 15 excursões de amostragem durante o período estudado em: A: local próximo às áreas das nascentes do rio Jundiá; B: local próximo às áreas da foz do rio Jundiá; C: local próximo às áreas das nascentes do rio Capivari; D: local próximo às áreas da foz do rio Capivari.

### 2.3. Protocolo de amostragem e analítico

As medidas de condutividade elétrica, temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido foram efetuadas nos próprios locais de amostragem, com o auxílio de equipamentos portáteis.

Alíquotas de 200 mL de águas fluviais foram coletadas em triplicata para cada estação de amostragem visando à determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO),

utilizando o sistema de amostrador pontual de estágio simples, no eixo da corrente (Mortatti 1995). Para a quantificação da DBO, seguiu-se o método padronizado L5.120 da CETESB (1991), sendo referenciado como DBO<sub>5,20</sub>.

As vazões instantâneas (m<sup>3</sup>/s) dos rios Jundiá e Capivari foram determinadas para todas as amostragens realizadas em cada estação, ao longo do período estudado, medindo-se o volume escoado em função do tempo. A área úmida da seção transversal do canal fluvial foi determinada a partir da profundidade (m) e largura do canal (m), obtidos por batimetria, sendo o cálculo da área efetuado com auxílio do software WinXPRO 3.0 (USDA 2005), com as velocidades médias instantâneas dos fluxos de água para as margens esquerda, direita e no eixo da corrente medidas com a utilização de um micromolinetete digital.

As concentrações médias dos parâmetros físico-químicos determinadas para os rios Jundiá e Capivari em suas estações de amostragem foram normalizadas com respeito às vazões, de acordo com Probst (1992), por meio da Equação 1, e o respectivo desvio padrão da média normalizada pela vazão, por meio da Equação 2.

$$C_{MNQ} = \frac{\sum_i^n (Q_i \cdot C_i)}{\sum_i^n Q_i} \quad (1)$$

onde: C<sub>MNQ</sub> são as concentrações médias normalizadas pelas vazões instantâneas (mg/L); Q<sub>i</sub> são as vazões instantâneas determinadas em cada excursão de amostragem (m<sup>3</sup>/s) e C<sub>i</sub> são as concentrações medidas nas excursões de amostragem (mg/L).

$$DP_{MNQ} = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{MNQ})^2 \cdot Q_i}{|\sum (Q_i - 1)|}} \quad (2)$$

onde: DP<sub>MNQ</sub> é o desvio padrão para as concentrações médias normalizadas pelas vazões (mg/L);  $|\sum Q_i - 1|$  é o somatório das vazões instantâneas medidas nos dias das amostragens (m<sup>3</sup>/s).

O relacionamento dos parâmetros físico-químicos e da vazão instantânea foi observado de acordo com o modelo de diluição (bilogarítmico ou de potência) para rios de pequeno a médio porte (Mortatti & Probst 1998, Bortoletto Junior 2004) expresso pela regressão bilogarítmica ou de potência de alta significância, por meio da Equação 3.

$$C = aQ^{-b} \quad (3)$$

onde: C é a concentração do parâmetro físico químico; Q é a vazão instantânea (m<sup>3</sup>/s).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 a 4 apresentam os resultados dos principais parâmetros físico-químicos associados às respectivas vazões instantâneas para as cargas dissolvidas dos rios

Jundiá (P1 - nascente e P2 - foz) e Capivari (P3 - nascente e P4 - foz) durante o período de abril de 2011 a dezembro de 2012.

Amostras	Excursão	Q (m <sup>3</sup> /s)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	OD (mg/L)
P1-1	19/04/2011	2,1	7,7	75,0	21,1	0,1	3,8
P1-2	17/05/2011	3,5	7,2	76,2	16,2	1,5	7,0
P1-3	14/06/2011	2,3	7,3	74,5	12,5	0,0	7,9
P1-4	19/07/2011	1,9	7,4	73,2	15,5	0,4	6,5
P1-5	30/08/2011	1,3	7,5	79,0	20,6	0,1	6,6
P1-6	20/09/2011	1,1	7,5	85,5	19,5	0,0	6,3
P1-7	01/11/2011	1,5	7,6	81,5	17,1	4,0	4,3
P1-8	11/12/2011	2,6	7,5	73,8	20,5	0,1	3,5
P1-9	17/01/2012	4,3	7,3	70,1	21,5	0,8	4,2
P1-10	18/01/2012	13,5	7,6	67,8	21,0	2,9	4,3
P1-11	16/02/2012	1,6	7,6	80,6	22,0	0,3	3,8
P1-12	20/06/2012	6,6	7,7	61,7	16,3	2,6	6,9
P1-13	28/08/2012	1,3	7,5	79,4	17,2	2,7	6,3
P1-14	26/11/2012	1,5	7,1	93,2	20,7	1,7	4,1
P1-15	16/12/2012	9,5	7,1	72,6	21,3	0,3	4,5
C <sub>MNQ</sub>		3,6	7,4	72,0	18,9	1,2	5,1
Máximo		13,5	7,7	93,2	22,0	4,0	7,9
Mínimo		1,1	7,1	61,7	12,5	0,0	3,5
DP <sub>MNQ</sub>		3,6	0,2	7,6	2,8	1,3	1,5

Tabela 1

Resultados dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas fluviais próximas à área da nascente do rio Jundiá (P1) e respectivas vazões, durante o período estudado.

C<sub>MNQ</sub>: concentração média normalizada pela vazão; DP<sub>MNQ</sub>: desvio padrão da média normalizada pela vazão.



Amostras	Excursão	Q (m <sup>3</sup> /s)	pH	CE (μS/cm)	T (°C)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	OD (mg/L)
P2-1	19/04/2011	21,0	7,4	225,0	25,2	7,6	6,0
P2-2	17/05/2011	29,3	6,8	205,0	19,3	2,8	7,8
P2-3	14/06/2011	26,9	7,3	205,0	17,6	7,0	5,2
P2-4	19/07/2011	21,0	7,4	239,0	18,9	6,1	3,8
P2-5	30/08/2011	18,0	7,3	269,0	24,0	6,2	5,7
P2-6	20/09/2011	14,1	7,4	467,0	24,5	8,1	4,9
P2-7	01/11/2011	23,8	7,4	200,0	21,3	7,2	4,3
P2-8	11/12/2011	64,4	6,9	130,3	22,6	0,9	4,1
P2-9	17/01/2012	76,4	7,4	135,3	23,9	6,1	4,3
P2-10	18/01/2012	71,3	7,3	139,9	23,7	4,9	3,6
P2-11	16/02/2012	41,2	7,3	188,6	26,5	1,2	3,4
P2-12	20/06/2012	75,7	7,5	159,8	18,8	7,2	6,2
P2-13	28/08/2012	26,8	7,4	273,0	20,6	8,5	4,6
P2-14	26/11/2012	27,8	7,2	248,0	24,5	7,7	4,9
P2-15	16/12/2012	150,0	7,1	97,9	23,4	0,1	4,8
C <sub>MNQ</sub>	45,8	7,2	167,1	22,3	5,4	4,8	
máximo	150,0	7,5	467,0	26,5	8,5	7,8	
mínimo	14,1	6,8	97,9	17,6	0,1	3,4	
DP <sub>MNQ</sub>	36,4	0,2	68,0	2,7	2,8	1,1	

C<sub>MNQ</sub>: concentração média normalizada pela vazão; DP<sub>MNQ</sub>: desvio padrão da média normalizada pela vazão.

Amostras	Excursão	Q (m <sup>3</sup> /s)	pH	CE (μS/cm)	T (°C)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	OD (mg/L)
P3-1	19/04/2011	0,07	7,4	65,2	23,5	0,1	4,6
P3-2	17/05/2011	0,06	7,1	67,6	17,0	0,6	7,1
P3-3	14/06/2011	0,08	7,3	62,2	14,1	0,8	9,0
P3-4	19/07/2011	0,05	7,4	68,2	17,8	1,3	7,0
P3-5	30/08/2011	0,04	7,4	74,4	22,1	0,2	6,4
P3-6	20/09/2011	0,04	7,5	73,6	21,1	0,3	6,5
P3-7	01/11/2011	0,04	7,8	85,7	18,9	2,4	4,6
P3-8	11/12/2011	0,15	7,4	61,9	22,4	0,1	5,3
P3-9	17/01/2012	0,08	7,3	62,7	22,6	1,4	5,0
P3-10	18/01/2012	0,08	7,4	70,2	27,7	1,9	4,9
P3-11	16/02/2012	0,06	7,8	67,3	23,7	0,2	4,0
P3-12	20/06/2012	0,32	8,0	61,8	17,3	3,7	5,5
P3-13	28/08/2012	0,10	7,3	61,8	19,1	3,2	6,5
P3-14	26/11/2012	0,05	7,1	72,8	21,9	4,2	3,2
P3-15	16/12/2012	0,18	7,1	65,0	22,7	0,0	5,3
C <sub>MNQ</sub>	0,09	7,4	65,4	20,8	1,4	5,6	
Máximo	0,32	8,0	85,7	27,7	4,2	9,0	
Mínimo	0,04	7,1	61,8	14,1	0,0	3,2	
DP <sub>MNQ</sub>	0,07	0,3	1,6	3,4	1,4	0,4	

C<sub>MNQ</sub>: concentração média normalizada pela vazão; DP<sub>MNQ</sub>: desvio padrão da média normalizada pela vazão.

Foi utilizada a seguinte nomenclatura para as estações de amostragem ilustradas anteriormente na Figura 1: P1 - nascente do rio Jundiá; P2 - foz do rio Jundiá; P3 - nascente do rio Capivari e P4 - foz do rio Capivari. Na Tabela 1, apresentam-se os valores das vazões instantâneas e dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas próximas às áreas das nascentes do rio Jundiá (P1) durante o período estudado.

Pode ser observado que o valor médio de pH de 7,4±0,2 ficou dentro da faixa da neutralidade e independente da sazonalidade. A condutividade elétrica média foi de 72,0±7,6 μS/cm, com variabilidade sazonal expressiva, sendo o valor máximo de 93,2 μS/cm, para a vazão de 1,5 m<sup>3</sup>/s, e o valor mínimo de 61,7 μS/cm, para a vazão de 6,6 m<sup>3</sup>/s. A temperatura média das águas foi de 18,9±2,8°C, sendo o valor mínimo de 12,5°C e máximo de 22,0°C. A DBO<sub>5,20</sub> média foi de

Tabela 2

Resultados dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas fluviais próximas à foz do rio Jundiá (P2) e respectivas vazões, durante o período estudado.

Tabela 3

Resultados dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas fluviais próximas às áreas das nascentes do rio Capivari (P3) e respectivas vazões, durante o período estudado.

Amostras	Excursão	Q (m <sup>3</sup> /s)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	OD (mg/L)
P4-1	19/04/2011	23,3	7,3	189,1	25,2	4,7	4,1
P4-2	17/05/2011	20,9	7,1	209,0	19,1	0,8	6,9
P4-3	14/06/2011	32,4	7,2	176,8	15,7	5,4	5,0
P4-4	19/07/2011	14,0	7,3	247,0	17,5	6,0	3,9
P4-5	30/08/2011	16,0	7,5	227,0	21,6	4,8	4,8
P4-6	20/09/2011	10,4	7,4	300,0	24,0	8,3	5,4
P4-7	01/11/2011	45,3	7,4	173,1	21,4	6,8	3,2
P4-8	11/12/2011	117,8	7,1	123,6	22,8	1,5	4,5
P4-9	17/01/2012	105,1	7,3	145,9	23,0	4,3	4,3
P4-10	18/01/2012	167,2	7,1	96,4	23,8	3,8	5,3
P4-11	16/02/2012	131,5	7,5	105,1	23,8	1,3	4,5
P4-12	20/06/2012	141,5	7,2	152,9	17,8	6,1	5,5
P4-13	28/08/2012	16,1	7,4	230,0	19,8	7,6	4,8
P4-14	26/11/2012	18,8	7,1	202,0	23,9	7,6	3,5
P4-15	16/12/2012	280,0	7,3	102,4	23,7	2,0	5,2
C <sub>MNQ</sub>	76,0	7,3	131,7	21,5	4,7	4,9	
Máximo	280,0	7,5	300,0	25,2	8,3	6,9	
Mínimo	10,4	7,1	96,4	15,7	0,8	3,2	
DP <sub>MNQ</sub>	78,9	0,1	40,6	2,9	2,5	0,7	

Tabela 4

Resultados dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas fluviais próximas à foz do rio Capivari (P4) e respectivas vazões, durante o período estudado.

C<sub>MNQ</sub>: concentração média normalizada pela vazão; DP<sub>MNQ</sub>: desvio padrão da média normalizada pela vazão.

1,2±1,3 mg/L, sendo o valor mínimo de 0,8 mg/L obtido em 17/05/2011 (20,9 m<sup>3</sup>/s) e o máximo de 8,3 mg/L em 20/09/2011 (10,4 m<sup>3</sup>/s). O valor médio do oxigênio dissolvido foi de 5,1±1,5 mg/L, sendo verificado o valor máximo de 6,9 mg/L em 17/05/2011 (20,9 m<sup>3</sup>/s) e o mínimo de 3,2 mg/L em 01/11/2011 (45,3 m<sup>3</sup>/s).

Na Tabela 2, podem ser observados os valores das vazões instantâneas e dos principais parâmetros físico-químicos determinados nas águas da foz do rio Jundiáí (P2) durante o período estudado.

O pH médio observado na foz do rio Jundiáí foi de 7,2±0,2, se mostrou dentro da faixa da neutralidade e não foi verificado padrão de diluição, semelhante ao observado na área próxima ao local da nascente do rio Jundiáí. Entretanto, a condutividade elétrica média de 167,1±68,0 µS/cm foi superior à verificada na área próxima de sua nascente, com variabilidade sazonal expressiva, sendo o valor mínimo de 97,9 µS/cm, observado em alta vazão (150,0 m<sup>3</sup>/s, amostra P2-15), e o valor máximo de 467,0 µS/cm, em baixa vazão (14,1 m<sup>3</sup>/s, amostra P2-6). A temperatura média das águas foi de 22,3±2,7°C, na mesma ordem de grandeza na área próxima à sua nascente, e o valor mínimo verificado foi de 17,6°C e máximo de 26,5°C. Foi observado o valor médio 5,4±2,8 mg/L para a DBO<sub>5,20</sub> e os valores de 8,5 e 0,1 mg/L, respectivamente, para o máximo e mínimo. A concentração média do oxigênio dissolvido verificada foi de 4,8 mg/L, com o máximo de 7,8 mg/L e o mínimo de 3,4 mg/L.

Os resultados das vazões instantâneas e dos principais parâmetros físico-químicos presentes nas águas próximas às áreas das nascentes do rio Capivari (P3) durante o período estudado podem ser observados na Tabela 3.

Os valores médios dos parâmetros pH, condutividade elétrica e temperatura nas amostras de águas próximas às áreas

das nascentes do rio Capivari (P3) foram respectivamente de 7,4±0,3; 65,4±1,6 µS/cm e 20,8°C. Os valores mínimos de condutividade elétrica observados foram de 61,8 µS/cm, em vazões de 0,32 m<sup>3</sup>/s, amostra P3-12, e de 0,10 m<sup>3</sup>/s, amostra P3-13, sendo o valor máximo de 85,7 µS/cm (0,04 m<sup>3</sup>/s, amostra P3-7). A temperatura mínima observada foi de 14,1°C e a máxima de 27,7°C. O valor médio de DBO<sub>5,20</sub> foi de 1,4±1,4 mg/L, sendo verificados os valores de 4,2 e 0,0 mg/L, respectivamente, para o máximo (0,05 m<sup>3</sup>/s) e mínimo (0,18 m<sup>3</sup>/s) de DBO<sub>5,20</sub>. O valor médio do oxigênio dissolvido foi de 5,6±0,4 mg/L, sendo observado o valor máximo de 9,0 mg/L e mínimo de 3,2 mg/L.

A Tabela 4 apresenta os resultados das vazões instantâneas e dos principais parâmetros físico-químicos presentes nas águas da foz do rio Capivari (P4) durante o período estudado.

Foi observado o valor médio de pH de 7,3±0,1 também dentro da faixa da neutralidade, assim como os valores observados próximos às áreas das nascentes do rio Capivari (P3) e foz do rio Jundiáí (P2). Foi verificado o valor médio de 131,1±40,6 µS/cm para a condutividade elétrica, sendo superior ao observado próximo à área da nascente (P3) e semelhante ao valor obtido para a foz do rio Jundiáí (P2). O valor mínimo foi de 96,46 µS/cm (167,2 m<sup>3</sup>/s) e o máximo, de 300,06 µS/cm (10,4 m<sup>3</sup>/s). A temperatura média de 21,5±2,9°C foi similar à observada próxima às áreas de nascente (P3) e foz do rio Jundiáí (P2) e inferior à verificada próximo à área da nascente do rio Jundiáí (P1), sendo a temperatura mínima observada de 15,7°C e a máxima de 25,2°C. A concentração média de DBO<sub>5,20</sub> foi de 4,7±2,5 mg/L, sendo o valor máximo de 8,3 mg/L (10,4 m<sup>3</sup>/s) e o mínimo de 0,8 mg/L (20,9 m<sup>3</sup>/s). O valor médio observado para o oxigênio dissolvido foi de 4,9±0,7 mg/L, com valor máximo de 6,9 mg/L e mínimo de 3,2 mg/L.

A variabilidade da condutividade elétrica em função da vazão instantânea dos rios Jundiá e Capivari, desde a nascente até a foz, durante o período estudado pode ser observada nas Figuras 3A a 3D. O relacionamento entre a condutividade elétrica e a vazão permitiu o ajuste de modelos de potência (Equação 3) que se mostraram significativos ( $p < 0,01$ ) nas estações de amostragem próximas às áreas das nascentes e da foz de ambos os rios estudados. Para o modelo ajustado, os valores dos coeficientes de potência, expressos pela variável  $b$ , foram similares próximos às áreas das nascentes dos rios Jundiá e Capivari. Entretanto, tal coeficiente se mostrou mais elevado na foz do rio Jundiá em comparação com a foz do rio Capivari, sendo

possível evidenciar uma maior variação da condutividade elétrica para a mesma faixa de vazão instantânea, configurando um elevado grau de mineralização dessas águas e possivelmente uma ação antrópica mais efetiva de origem urbana. O valor do coeficiente de potência observado na foz do rio Capivari, também considerado alto em relação à área próxima ao local de sua nascente, teve a variabilidade da condutividade elétrica associada principalmente às atividades agrícolas predominantes na bacia de drenagem.

Os coeficientes dos modelos de potência, ajustados para os rios Jundiá e Capivari, se mostraram similares aos observados por Bortoletto Junior (2004) para os rios Tietê e Piracicaba e por Fernandes (2012) para o rio Sorocaba.

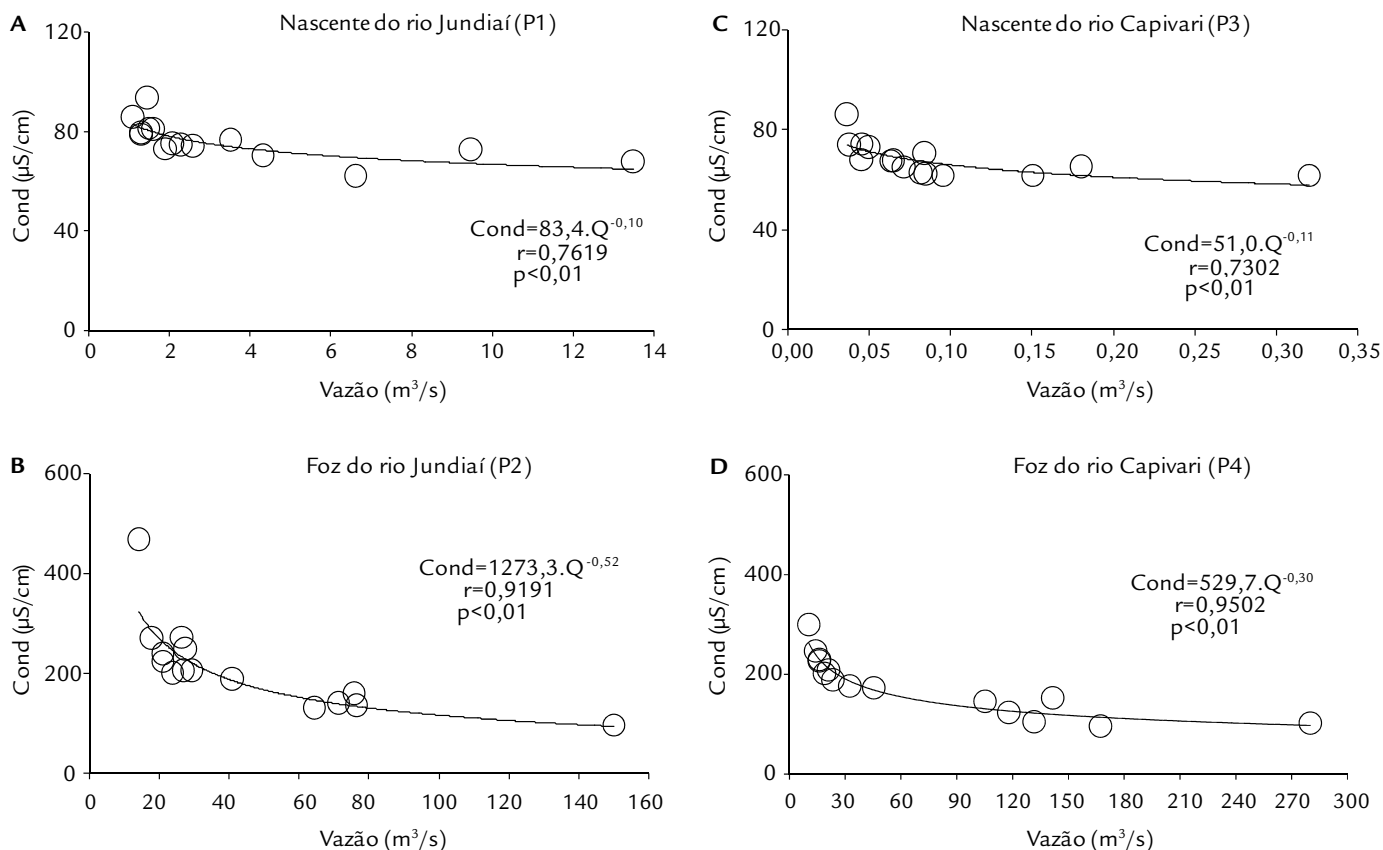


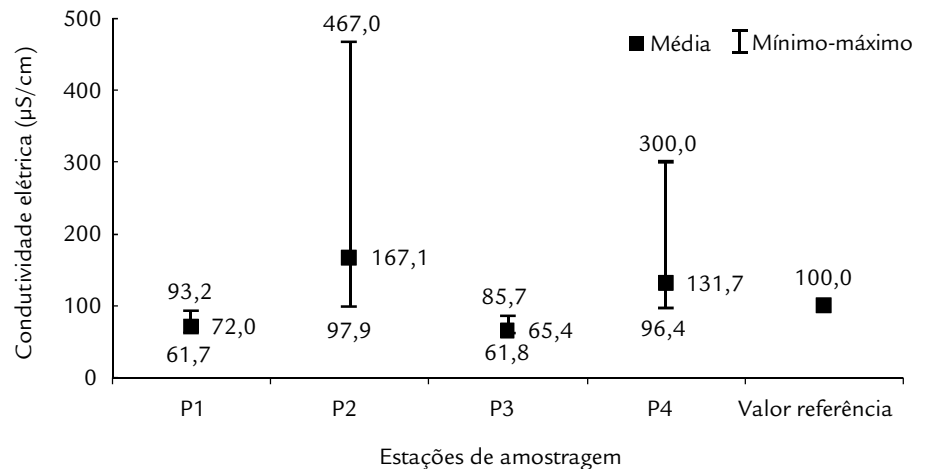
Figura 3 Variabilidade da condutividade elétrica em função da vazão durante as 15 excursões de amostragem: A: na estação de amostragem próxima às áreas das nascentes do rio Jundiá (P1) e respectivo modelo de potência; B: na estação de amostragem próxima à área da foz do rio Jundiá (P2) e respectivo modelo de potência; C: na estação de amostragem próxima às áreas das nascentes do rio Capivari (P3) e respectivo modelo de potência; D: na estação de amostragem próxima à área da foz do rio Capivari (P4) e respectivo modelo de potência.



Na Figura 4, são apresentados os valores médios da condutividade elétrica nas estações de amostragem próximas às áreas das nascentes e da foz dos rios Jundiá (P1 - nascente e P2 - foz) e Capivari (P3 - nascente e P4 - foz), obtidos durante as 15 excursões de amostragem, e um valor de referência de condutividade elétrica utilizado para águas naturais, de acordo com Hermes & Silva (2004). Os valores médios de condutividade elétrica observados em P1 e P3, áreas próximas das nascentes dos rios Jundiá e Capivari, foram similares e abaixo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valores esperados para águas naturais, de acordo com Hermes e Silva (2004). Entretanto, os valores de condutividade elétrica na foz dos rios Jundiá e Capivari se mostraram superiores às áreas próximas de suas nascentes, sendo o valor médio de condutividade elétrica mais elevado na foz do rio Jundiá (167,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) do que no rio Capivari (131,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). O valor máximo de 467,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  foi observado para a foz do rio Jundiá em um período seco de baixa vazão (14,1  $\text{m}^3/\text{s}$ ), ocorrido em 20/09/2011.

No contexto de localização e proximidade entre as bacias de drenagem dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) e Sorocaba e Médio Tietê (SMT), as condutividades elétricas médias observadas na foz dos rios Jundiá (167,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e Capivari (131,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foram comparadas com os valores obtidos por Fernandes (2012) para o rio Sorocaba próximo à foz em Laranjal Paulista, para o rio Una da bacia do Alto Sorocaba (Sardinha *et al.* 2008), para o rio Tietê no município de Tietê e para o rio Piracicaba no município de Ártemis da bacia do Médio Tietê, estudados por Bortoletto Junior (2004), e para o córrego Entre Rios, sob forte influência antrópica, determinada por Oliveira (2009). Foi possível verificar maiores valores da condutividade elétrica para o Médio Tietê, de 254 a 697  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valores intermediários de 190,0 a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o rio Una, de 111 a 455  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o rio Tietê, de 87,1 a 172,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o rio Sorocaba e inferiores a 19 a 26  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o córrego Entre Rios.

Figura 4  
Valores médios, mínimos e máximos da condutividade elétrica nas amostras de águas próximas às áreas da nascente e foz dos rios Jundiá e Capivari durante o período estudado e o valor de referência de condutividade para águas naturais, conforme Hermes & Silva (2004).



P1: nascente do rio Jundiá; P2: foz do rio Jundiá; P3: nascente do rio Capivari; P4: foz do rio Capivari.

Conforme pode ser observado na Figura 5, os valores médios e os limites de mínimos e máximos de pH (Tabelas 1 a 4) ocorreram nas amostras de águas das estações de amostragem próximas às áreas das nascentes (P1 e P3) e foz (P2 e P4) dos rios Jundiá e Capivari. Os valores médios de pH tanto nas áreas próximas às nascentes como para a foz de ambos os rios estudados se mostraram semelhantes e dentro da faixa da neutralidade. Os valores mínimos e máximos de pH também variaram próximos à neutralidade e nos limites de referência estabelecidos para água doce Classe 1 (pH entre 6 e 9), de acordo com o CONAMA 375/05, para as quatro estações de amostragem estudadas.

De acordo com Hellowell (1989), organismos autotróficos, como macrófitas aquáticas e algas, podem elevar o pH por meio do processo de assimilação de  $\text{CO}_2$  na fotossíntese, enquanto organismos heterotróficos podem abaixar o pH do meio de processos de decomposição e respiração, liberando  $\text{CO}_2$  e formando ácido carbônico e íons hidrogênio.

Valores de pH variando de 8,1 a 8,3 foram observados no rio Sorocaba após o Reservatório de Itupaparanga na bacia do alto Sorocaba por Sardinha *et al.* (2008), que atribuíram o fato à intensa fotossíntese realizadas pelas algas. Em épocas de seca e após a chuvas, obtiveram os valores médios entre 7,1 e 7,5 para o pH, respectivamente, em pontos próximos às áreas das nascentes e da foz dos rios Una, Sorocabuçu, Sorocamirim e Sorocaba. Em estudos na bacia do rio Sorocaba, Fernandes (2012) observou uma concentração média para o pH de  $6,5 \pm 0,2$  e  $7,0 \pm 0,3$ , respectivamente próximo às áreas da nascente e da foz do rio Sorocaba. A variação do pH foi semelhante para os rios Tietê, no município de Tietê (6,9 a 7,5), e para o rio Piracicaba, no município de Ártemis (6,8 a 7,4), segundo Bortoletto Junior (2004). Entretanto, verificou-se que os valores de pH do rio Piracicaba contrapõem a afirmação de Lara *et al.* (2001) sobre a alcalinidade em rios, córregos e reservatórios em áreas menos poluídas, nas regiões das cabeceiras da bacia

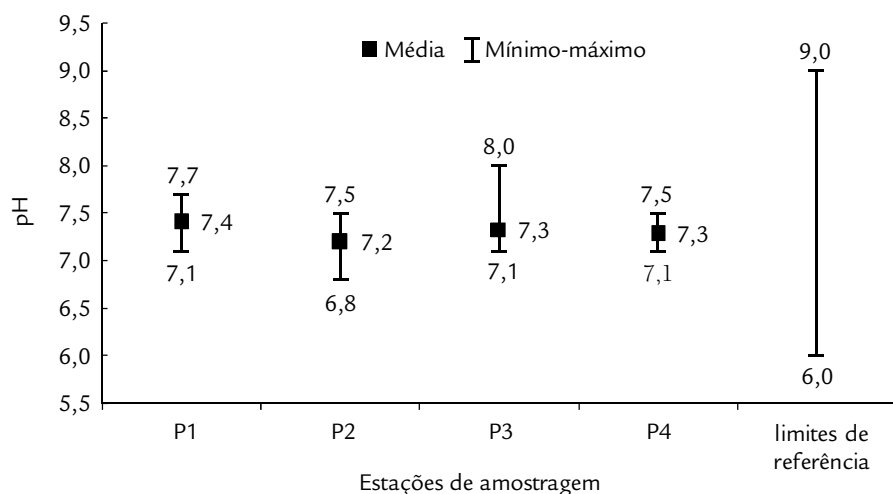


Figura 5

Valores médios, mínimos e máximos do pH nas águas próximas às áreas das nascentes e foz de ambos os rios e limites de referência do CONAMA 375/05 durante o período estudado.

P1: nascente do rio Jundiá; P2: foz do rio Jundiá; P3: nascente do rio Capivari; P4: foz do rio Capivari.

do rio Piracicaba, geralmente baixas. Em uma microbacia reflorestada com eucaliptos, o pH se mostrou abaixo da faixa da neutralidade (6,1 a 6,4) nas águas fluviais do córrego Entre Rios (Oliveira *et al.* 2009).

As concentrações médias de  $DBO_{5,20}$  observadas próximas às áreas das nascentes e foz dos rios Jundiá e Capivari podem ser verificadas na Figura 6, assim como os valores de referência utilizados no CONAMA 375/05 (Brasil 2005). Os valores médios de  $DBO_{5,20}$  verificados próximos às áreas das nascentes dos rios Jundiá (P1) e Capivari (P3) foram semelhantes a 1,2 e 1,4 mg/L, respectivamente, e enquadraram suas águas na Classe 1, conforme o CONAMA 375/05. Entretanto, a situação nas áreas próximas às nascentes dos rios Jundiá e Capivari se mostrou preocupante em determinados períodos devido aos valores máximos observados de 4,0 (P1) e 4,2 (P3) mg/L, sendo indícios de poluição antrópica gerados principalmente por efluentes domésticos. Na

foz dos rios Jundiá (P2) e Capivari (P4), os valores médios da  $DBO_{5,20}$  foram de 5,4 mg/L (P2) e 4,7 mg/L (P4), sendo classificadas as suas águas na Classe 3 (P2) e na Classe 2 (P3), respectivamente, pelo padrão CONAMA 375/05 (Figura 6). Dessa forma, o rio Jundiá se mostrou mais poluído na foz do que o rio Capivari em termos de  $DBO_{5,20}$ , inclusive pelos valores máximos observados de 8,5 mg/L (P2) e 8,3 mg/L (P4), atestando uma forte influência antrópica. Pode-se constatar, durante coletas *in loco*, a presença de descargas de matéria orgânica, na foz de ambos os rios, pelo odor característico de esgoto doméstico.

Em termos comparativos, os valores médios de  $DBO_{5,20}$  na foz do rio Jundiá (P2), de  $4,2 \pm 3,1$  mg/L, e na foz do rio Capivari (P4), de  $3,5 \pm 2,0$  mg/L, foram semelhantes aos valores determinados por Fernandes (2012) na foz do rio Sorocaba ( $2,3 \pm 1,8$  mg/L) e na estação de coleta S3 (Itavuvu), de  $3,5 \pm 1,9$  mg/L.

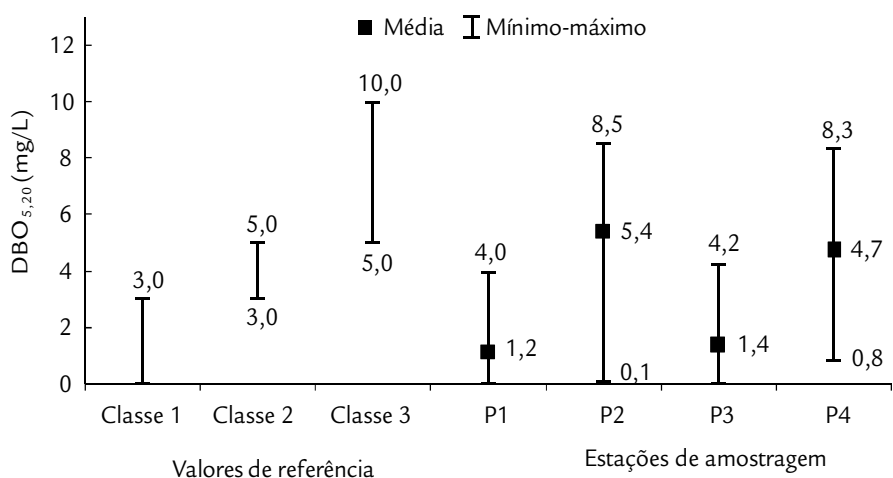


Figura 6

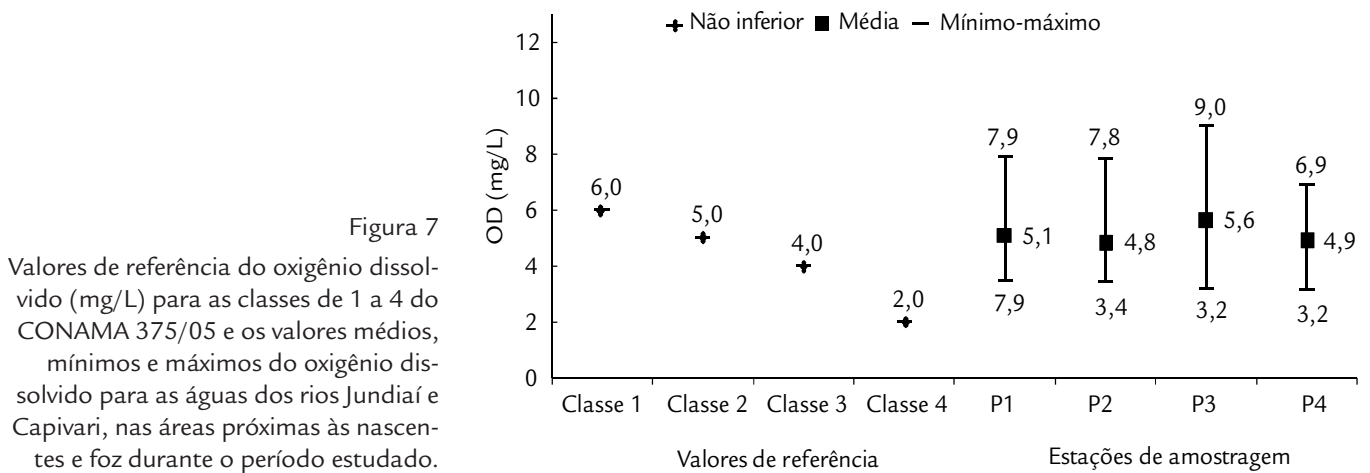
Valores limites de  $DBO_{5,20}$  para as classes 1, 2 e 3 do CONAMA 375/05 e valores médios, mínimos e máximos da  $DBO_{5,20}$  nas amostras de águas próximas às áreas das nascentes e da foz de ambos os rios durante o período estudado.

P1: nascente do rio Jundiá; P2: foz do rio Jundiá; P3: nascente do rio Capivari; P4: foz do rio Capivari.

A Figura 7 ilustra os valores de referência de oxigênio dissolvido (OD), de acordo com os valores de referência do CONAMA 375/05, e os valores de OD nas estações de amostragem dos rios Jundiáí e Capivari, nascente e foz, durante o período estudado.

Os valores médios de oxigênio dissolvido obtidos para as águas nas áreas próximas das nascentes dos rios Jundiáí (P1) e Capivari (P3) se mostraram similares (5,1 e 5,6 mg/L, respectivamente) e maiores do que 5,0 mg/L, sendo classificadas dentro da Classe 2 pela resolução 375/05 do CONAMA. Os valores médios na foz dos rios Jundiáí (P2) e Capivari (P4) foram também similares (4,8 e 4,9 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), podendo as águas serem classificadas na Classe 3 de acordo com o CONAMA

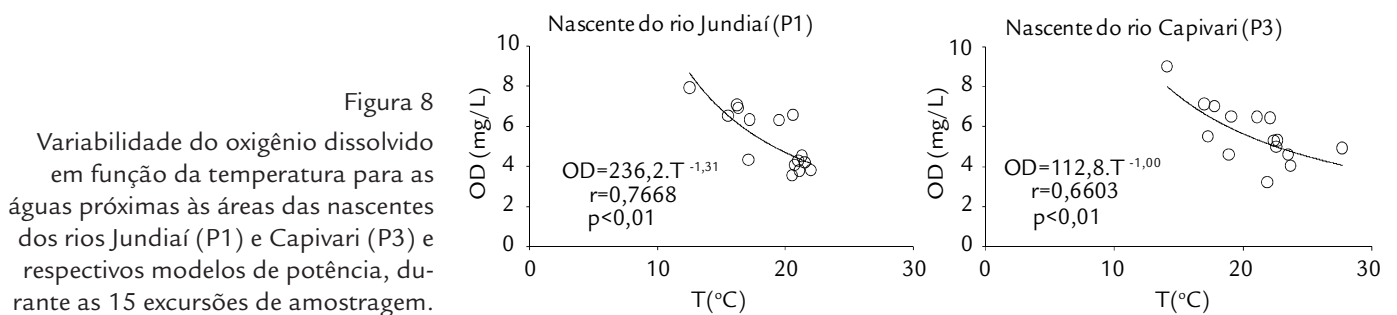
375/05. Entretanto, os valores mínimos de OD observados em todas as estações de amostragem dos rios Jundiáí e Capivari, nascente e foz, foram menores do que 4,0 mg/L e provavelmente associados a aportes antrópicos pontuais. Tais resultados de OD se mostraram superiores aos observados por Neves e Cardoso (2006) em estudos da qualidade das águas no rio Jundiáí, da cabeceira à foz, nos anos de 1997, 2000 e 2004, sendo suas águas enquadradas na Classe 4 (CONAMA 375/05). Os autores ressaltam que a carga poluidora lançada pela cidade de Jundiáí era muito elevada e processos de autodepuração do rio não estavam ocorrendo de maneira suficiente para promover a recuperação significativa da concentração de oxigênio dissolvido no rio.



P1: nascente do rio Jundiáí; P2: foz do rio Jundiáí; P3: nascente do rio Capivari; P4: foz do rio Capivari.

Foi possível observar um relacionamento entre o oxigênio dissolvido e a temperatura da água perto das áreas das nascentes dos rios Jundiáí e Capivari, ilustrado na Figura 8, dentro de um modelo de potência. Tal ajuste pode ser justificado pela solubilidade dos gases em água, que diminuem com a elevação da temperatura e também

devido a perdas de oxigênio dissolvido causadas pelo consumo proveniente da respiração de organismos aquáticos (Esteves 1988). Por outro lado, na foz dos rios Jundiáí e Capivari não foram observados relacionamentos significativos entre tais parâmetros devido à elevada decomposição da matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico.



OD: oxigênio dissolvido

## 4. CONCLUSÕES

A caracterização dos principais parâmetros físico-químicos dissolvidos nas águas fluviais das bacias de drenagem dos rios Jundiá e Capivari permitiu verificar que a bacia do rio Jundiá se encontra mais antropizada do que a bacia do Capivari, em função dos indícios de carga poluidora proveniente do lançamento de esgotos domésticos e de atividades urbanas/industriais lançadas diretamente em suas águas.

As variabilidades da condutividade elétrica em função das vazões se mostraram decrescentes, indicando a influência de processos de diluição fluvial nas bacias desses rios, sendo mais pronunciada a ação antrópica na bacia do Jundiá em relação à bacia do Capivari, assim como a identificação de altas concentrações de DBO na bacia do rio Jundiá.

A variabilidade do oxigênio dissolvido em função da temperatura foi observada apenas para as áreas próximas às nascentes, e as baixas concentrações coincidiram com o período de estiagem prolongada em ambas as bacias de drenagem, o que é preocupante principalmente para a bacia do rio Capivari, que já em suas nascentes mostra um sinal antrópico significativo.

De uma maneira geral, os parâmetros físico-químicos demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica atestaram a ocorrência de possível influência antrópica na carga dissolvida fluvial, principalmente no rio Jundiá em relação ao rio Capivari, o qual também já apresenta sinais de degradação.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro

(Proc. 2010/19263-3) e ao Núcleo de Pesquisa em Tecnologia e Inovação para Sustentabilidade da Agricultura (NAPTISA).

## 6. REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. HidroWeb; Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acessado em jun 2011.
- Bortoletto Junior M.J. 2004. Características hidrogeoquímicas e processos erosivos mecânicos e químicos nas bacias de drenagem dos Rios Tietê e Piracicaba. Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 202 p.
- Branco S.M. 1986. *Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. 3ª ed. CETESB/ACATESB, São Paulo, 640 p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18/03/2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em 06 fev 2013.
- Brunini O. 2006. Rede meteorológica de superfície para o Estado de São Paulo. Artigo em Hipertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/redemeteorologica/rede.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/redemeteorologica/rede.htm). Acessado em 20 jan 2013.
- Carmouze J. P. 1994. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. Edgard Blücher/FAPESP, São Paulo, 253 p.
- CBH/PCJ – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. 2007. Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (2004/2006). [S.l.: s.n], 2:258-333.
- CETEC – Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. 2000. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - UGRHI-05. São Paulo, 501 p. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/RS/RSituacao-PCJ-Vol-1.pdf>. Acessado em 13 jan 2011.
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 1991. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Método da diluição e incubação 20 graus centígrados 5 dias. São Paulo, Norma Técnica L5.120, 13 p.
- Collares E.G. 2000. Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari, SP. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 194 p.

- Esteves F.A. 1988. *Fundamentos de limnologia*. Interciência-FINEP, Rio de Janeiro, 574 p.
- Farias M.S.S. 2006. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo. Tese de Doutorado, Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, 152 p.
- Fernandes A.M. 2012. Características hidrogeoquímicas da bacia de drenagem do rio Sorocaba, SP: processos erosivos mecânicos e químicos. Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 241 p.
- Figueiredo J.A., Menor E.A., Taboada-Castro M.T., Taboada-Castro M.M., Lacerda L.D. 2012. Hydrogeochemistry approach to the identification of flow components under the descending limb conditions of a hydrograph (Corbeira stream, Spain). *Applied Geochemistry*, 27(3):753-759.
- Gac J.Y., Kane A. 1986. Le fleuve Sénégal: II. Flux continentaux de matières dissoutes a l'embouchure. *Sciences Géologiques: Mémoire*, 39(2):151-172.
- Hellawell J.M. 1989. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier, London and New York, 546 p.
- Hermes L.C., Silva A.S. 2004. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 55 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Banco de dados: o Brasil município por município. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades>. Acessado em 22 jan 2013.
- Lara L.B.L.S., Artaxo P., Martinelli L.A., Victoria R.L., Camargo P.B., Krusche A., Ayers G.P., Ferraz E.S.B., Ballester M.V. 2001. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. *Atmospheric Environment*, 35:4937-4945.
- Mortatti J. 1995. Erosão na Amazônia: processos, modelos e balance. Tese de Livre Docência, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 155 p.
- Mortatti J., Probst J.L. 1998. *Hidrogeoquímica de bacias de drenagem*. CPG/CENA-USP, Série Didática, Piracicaba, 235 p.
- Mortatti J., Vendramini D., Oliveira H. 2012. Avaliação da poluição doméstica fluvial na zona urbana do município de Piracicaba (SP). *Revista Ambiente & Água*, 7(2):110-119.
- Neves M.A. & Cardoso M.S.N. 2006. Qualidade das águas do rio Jundiá (SP): A necessidade de uma gestão integrada. *Holos Environment*, 6(2):91-105.
- Oliveira H., Vendramini D., Mortatti J. 2009. Transporte de espécies químicas dissolvidas em águas fluviais de uma microbacia com eucaliptos em Angatuba, São Paulo. *Geociências*, 28(1):79-89.
- Palma e Silva G.M. 1999. Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí, SP. Dissertação de Mestrado, Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, 155 p.
- Porto F.A., Branco S.M., Luca S.J. 1991. Caracterização da qualidade da água. In: R.L. Porto (Org.). *Hidrologia ambiental*. EDUSP, São Paulo, p. 375-90.
- Probst J.L. 1992. Géochimie et hydrologie de l'érosion continentale. Mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Science Géologique Bulletin, Strasbourg* 94:161.
- Sardinha D.S., Conceição F.T., Bonotto D.M., Salles M.H.D., Angelucci V.A. 2008. Avaliação do balanço anual de cátions e ânions na bacia do Alto Sorocaba, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(4):730-40.
- SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. 2011. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br>. Acessado em 13 abr 2011.
- USDA – United States Department of Agriculture. 2005. Stream Systems Technology Center. WinXPRO 3.0. Disponível em: <http://www.stream.fs.fed.us>. Acessado em 13 mar 2011.