



## **Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG**

**doi:10.4136/ambi-agua.1534**

**Received: 01 Oct. 2014; Accepted: 05 Oct. 2015**

**Maria Magaly Heidenreich Silva Bucci<sup>1</sup>; Francisco Eduardo da Fonseca Delgado<sup>2</sup>; Claudiomir da Silva Santos<sup>2</sup>; Luiz Fernando Cappa de Oliveira<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas

<sup>2</sup>Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tec. do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, MG, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil

Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas

\* Autor correspondente: e-mail: luiz.oliveira@ufjf.edu.br,

magalybucci@gmail.com, francisco.delgado@muz.ifsuldeminas.edu.br,

claudiomir.santos@muz.ifsuldeminas.edu.br

### **RESUMO**

A Represa Dr. João Penido é o principal manancial de abastecimento de água de Juiz de Fora, localizada no sudeste brasileiro. O objetivo deste trabalho foi realizar a análise de metais, agrotóxicos, alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos em amostras de água da represa, verificando a correlação entre os mesmos e o atendimento aos limites previstos nas legislações pertinentes (Brasil, 2004; 2011; CONAMA, 2005). Foram realizadas oito coletas em cinco pontos do reservatório, no período entre julho de 2011 e março de 2013. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, cor, turbidez, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, nitrito, amônio, nitrogênio total, fósforo total, clorofila *a*, coliformes totais e termotolerantes. Foram analisados todos os agrotóxicos mencionados nas Portarias MS/GM 518/2005 e 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004; 2011). Os metais pesquisados, nas formas total e dissolvida foram: cobre, cromo, cádmio, chumbo, níquel, zinco, manganês, ferro, sódio, potássio e cálcio. A metodologia das análises seguiram o preconizado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 1998). Foi feita a correlação entre os resultados pela aplicação da técnica de mineração de dados (*Data mining*). Os níveis de metais nas águas ficaram abaixo dos limites do CONAMA, com exceção de ferro e zinco. Com relação aos demais parâmetros, aqueles que apresentaram desconformidade com esta norma foram: demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total e coliformes termotolerantes. Os agrotóxicos estiveram abaixo do limite de quantificação dos métodos utilizados, atendendo portanto as Portarias do Ministério da Saúde. Os resultados e as correlações encontradas indicam que o intemperismo, o escoamento superficial e as formas de uso e ocupação das terras da bacia de drenagem

interferem no ecossistema aquático. Este estudo fornece subsídios para o planejamento de ações visando a preservação e recuperação da qualidade hídrica do manancial.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica, impactos, manancial de abastecimento, preservação, qualidade das águas.

## **Analysis of metallic, pesticide, physico-chemical and microbiological parameters of waters near the Dr. John Penido Dam, Juiz de Fora, MG**

### **ABSTRACT**

The Dr. John Penido Dam is the main source of water supply of the city of Juiz de Fora, located in southeastern Brazil. This study analyzed metals, agro toxics, and some physico-chemical and microbiological parameters in water samples taken near the dam, and checked their conformity to limits specified in the pertinent legislation (Brasil, 2004; 2011; CONAMA, 2005). Eight samples were collected at five points of the reservoir between July 2011 and March 2013. The following physicochemical and microbiological parameters were analyzed: water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, color, turbidity, total solids, demand biochemical oxygen, nitrate, nitrite, ammonia, total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll *a*, total and thermo-tolerant coliforms. Every agro toxic mentioned in Ordinances MS/GM 518/2005 and 2.914/2011 of the Ministry of Health (Brazil, 2004; 2011) was analyzed. The total and dissolved metals tested included: copper, chromium, cadmium, lead, nickel, zinc, manganese, iron, sodium, potassium and calcium. The correlation between the results was accomplished using data mining technique (*Data Mining*). The results showed that the levels of metals in the water are below the CONAMA parameters, with exceptions of iron and zinc. The following other parameters also showed disagreement: biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, total phosphorus and thermo-tolerant coliforms. Agro toxics were also below the limits of quantification of the methods employed, and were therefore within the limits established by the Ministry of Health Ordinances. The results and correlations indicate that the weathering, runoff and forms of use and occupation of the watershed interfere with the aquatic ecosystem. This study provides information useful to planning the preservation and restoration of the water quality of the supply source.

**Keywords:** impacts, preservation, supply source, water quality, watershed.

## **1. INTRODUÇÃO**

A crescente industrialização e o incremento pela demanda de água e recursos naturais que acompanharam a humanidade ao longo do tempo provocaram vários tipos de contaminação e poluição dos ecossistemas aquáticos. Muitos elementos químicos e seus compostos, que existiam naturalmente nos ambientes em pequenas quantidades, tiveram suas concentrações elevadas em várias regiões do planeta, incluindo aí os metais e agrotóxicos (ILEC, 2007).

Lagos e reservatórios são ambientes vulneráveis e vêm se deteriorando de uma forma geral em todo o mundo. Os reservatórios são atingidos por diversos tipos de poluentes e contaminantes, oriundos de diversas fontes (Jackson, 1992). Suas bacias hidrográficas são facilmente impactadas pelo uso da terra e o sistema lacustre recebe água, sedimentos, contaminantes, nutrientes e biota proveniente dos rios, do escoamento superficial, das águas subterrâneas e da atmosfera. No entanto, os problemas mais frequentemente mencionados têm origem dentro de sua própria bacia hidrográfica, através da entrada de sedimentos. Devido às suas características únicas, são muito mais vulneráveis às pressões e tensões sofridas no ambiente, sendo assim mais difíceis de gerir, em comparação aos sistemas fluviais

(ILEC, 2007).

Vários países enfrentam o desafio da degradação da qualidade das águas, provocado principalmente pelas interferências antrópicas. Nos reservatórios brasileiros o problema tem crescido, afetando o balanço ecológico, aumentando a vulnerabilidade ambiental (Rangel et al., 2012), e comprometendo a qualidade dos recursos hídricos no país (Brito et al., 2011). A partir daí, verifica-se a necessidade de mensurar a poluição aquática e verificar suas implicações para o ambiente e a saúde pública.

Dentre os sistemas aquáticos continentais, os lagos são os reservatórios potenciais receptores de metais, devido às suas características de ambientes deposicionais, podendo atingir níveis de contaminação bastante elevados (Esteves, 1998). As atividades industriais e agrícolas na área da bacia de drenagem também podem contribuir de forma efetiva para a elevação dos níveis de metais e agrotóxicos nas águas (Jackson, 1992; Farkas et al., 2001, Baggio e Horn, 2009; Adefemi e Awokunmi, 2010).

O presente estudo foi realizado na Represa Dr. João Penido, principal manancial de abastecimento de água potável de Juiz de Fora (MG). Alguns trabalhos já foram desenvolvidos neste reservatório (Pereira, 1991; Rocha e Branco, 1986), porém, o primeiro estudo que apresentou o monitoramento mensal da qualidade da água por 1 ano (2009-2010), incluindo a avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET) foi o desenvolvido por Bucci (2011), resultando em publicação científica (Bucci e De Oliveira, 2014). Dando continuidade a este trabalho, Bucci (2015) realizou outro estudo na represa, aprofundando o conhecimento no que diz respeito à investigação sobre a presença de metais e agrotóxicos na avaliação da qualidade hídrica entre 2011-2013, além de ter continuado o monitoramento do IQA e IET do reservatório (Bucci, 2015; Bucci et al., 2015). O presente estudo teve como objetivos: monitorar parâmetros físico-químicos, microbiológicos e investigar a presença de metais e agrotóxicos em amostras de água da represa; verificar se os resultados atendem às legislações pertinentes (Brasil, 2004; 2011; CONAMA, 2005); verificar a correlação entre os parâmetros analisados em análise estatística dos dados obtidos.

Os resultados aqui apresentados podem subsidiar ações de planejamento e motivar a gestão integrada do principal manancial de abastecimento de água de Juiz de Fora, MG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A Represa Dr. João Penido localiza-se no município de Juiz de Fora (estado de Minas Gerais) no sudeste brasileiro, uma das regiões mais populosas do país. O clima da região possui duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores índices pluviométricos, e outra de maio a setembro, que se caracteriza por ser mais fria e com menor presença de chuvas. A formação vegetal do município está enquadrada no Bioma Mata Atlântica (Juiz de Fora, 2004), um dos mais devastados do Brasil.

A represa está contida na sub-bacia (SB) do ribeirão dos Burros, pertencente à bacia do rio Paraibuna (Juiz de Fora, 2004), que está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. De acordo com a Deliberação Normativa 16/1996 do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) (Minas Gerais, 1996), que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água da bacia do rio Paraibuna, as águas desta SB no trecho estudado, são classe 1.

As características morfométricas da represa mostram que se trata de um sistema raso e relativamente pequeno. A barragem possui 80 metros de comprimento e 11,5 metros de altura. Algumas dimensões da represa são, aproximadamente: comprimento máximo= 7,25 km; largura máxima= 1,7 km; perímetro= 17,8 km; profundidade média= 6,53 m; profundidade máxima= 10,90 m; área de superfície= 3,72 km<sup>2</sup>. Possui vazão regularizada de 750 L/s (CESAMA, 2014) e o volume de água armazenada é de aproximadamente 14,094,000 m<sup>3</sup> (dado de 1985) (Leme Engenharia S. A., 1985). Bucci e De Oliveira (2014) relatam que este

volume deve ser bem menor, tendo em vista a proliferação de plantas aquáticas e os processos de assoreamento e sedimentação que o sistema vem sofrendo ao longo dos anos. Em 25/01/2015, a Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA), concessionária que gerencia o manancial, divulgou que a Represa Dr. João Penido estava com 30% de sua capacidade, ou seja, 4.800.000 m<sup>3</sup> de água, e que sua vazão poderia ser reduzida para 250 L/s (Valente, 2015).

O reservatório vem sofrendo com a degradação ambiental proveniente do mau uso e ocupação das terras de sua bacia hidrográfica, desde que a barragem foi construída, em 1934. A ausência de áreas florestadas e de vegetação ripária ao longo da represa e de seus afluentes são características predominantes da área estudada. O entorno do manancial vem sendo ocupado por várias residências de forma desordenada e ilegal. As Áreas de Preservação Permanente da represa e tributários encontram-se degradadas, com diversas ocupações irregulares e sem mata ciliar. Não há infraestrutura de saneamento básico na região, sendo que esgotos domésticos são lançados de forma clandestina nos córregos e na represa, agravando e comprometendo a qualidade hídrica do manancial. Como consequência, a matéria orgânica e nutrientes presentes nestes efluentes facilita a proliferação de macrófitas aquáticas em vários pontos do espelho d'água, nas regiões fluviais da represa e ao longo dos córregos afluentes, o que demonstra o comprometimento ambiental do sistema (Bucci e De Oliveira, 2014). Esgotos domésticos também podem originar a entrada de metais como Cu, Fe, Zn, Cd e Ag (Jackson, 1992). Förstner e Wittman (1983) acrescentam que além destes, metais como Pb, Cr e Ni também estão presentes neste tipo de despejo, e que a presença de materiais sólidos particulados e matéria orgânica propiciam a sua adsorção no meio.

Outra característica importante da bacia hidrográfica é a existência de criação extensiva de animais e áreas de cultivo de frutas, legumes e hortaliças, além de pequenas propriedades que praticam a agricultura de subsistência. Portanto, o manancial pode estar sendo contaminado por substâncias provenientes da utilização de fertilizantes e agrotóxicos, fato que necessita ser investigado. Este problema também foi apontado pela Prefeitura de Juiz de Fora (Juiz de Fora, 2004), porém, não havia estudos para constatação do fato.

Devido à relevância do problema da contaminação dos recursos hídricos por substâncias aplicadas em culturas agrícolas, estudos nesses ambientes são necessários, de forma a prever impactos ambientais, níveis e formas de contaminação, além de desenvolver técnicas de manejo que minimizem a sua utilização, visando estabelecer sistemas de produção sustentáveis. Apesar do risco potencial associado à presença de agrotóxicos em água, o seu monitoramento ainda é uma prática pouco aplicada no Brasil. Conjuntamente, existe uma deficiência de informações relacionadas com o uso destes produtos nas regiões brasileiras (Dores e De-Lamonica-Freire, 2001), inclusive no estado de Minas Gerais.

Esta situação tem preocupado as autoridades locais, uma vez que a Represa Dr. João Penido foi responsável pelo abastecimento de água de 60% da população de Juiz de Fora (Juiz de Fora, 2004). De acordo com informações da CESAMA, em outubro de 2014 esta capacidade caiu para 28% (Carvalho e Brum, 2014). Diante dos problemas acima mencionados, torna-se necessário mensurar o grau de poluição, a fim de desenvolver estudos para minimizar os impactos sobre a qualidade da água oferecida à população.

O estudo realizado por Bucci (2011) apontou em suas conclusões a necessidade de continuar do monitoramento da qualidade da água para avaliar os impactos provocados no sistema aquático. Outro ponto levantado foi a necessidade de realização de novas pesquisas, como a investigação da presença de metais e agrotóxicos na água. Isso evidencia que a área de estudo é carente de informações técnicas importantes para sua preservação.

## 2.2. Metodologia

Este trabalho foi realizado, dando continuidade aos estudos feitos por Bucci (2011), através de oito campanhas durante o período de julho/2011 a março/2013. As técnicas de

coleta e amostragem seguiram a Norma Brasileira (NBR) 9898 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) (ABNT, 1987). As amostras foram coletadas em cinco pontos ao longo do reservatório, como pode ser observado na figura 1, a aproximadamente 10 cm da superfície do espelho d'água e armazenadas em frascos “virgens”. Os pontos P1, P2 e P3 localizam-se próximos à zona fluvial (entrada dos tributários principais), o ponto P4, próximo à zona intermediária e o P5, à zona lacustre do reservatório (região mais profunda, próxima à Estação de Tratamento de Água). A localização, altitude e profundidade aproximada dos pontos de amostragem estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Localização, altitude e profundidade aproximada dos pontos de amostragem.

Ponto	Região aproximada da represa	Coordenadas geográficas UTM Datum SAD 69		Altitude (m)	Profundidade aproximada (m)
		Latitude (S)	Longitude (W)		
P1	Zona fluvial	21° 38' 47,2''	43° 23' 11,3''	754,0	3,5
P2	Zona fluvial	21° 38' 40,0''	43° 23' 46,2''	754,0	3,5
P3	Zona fluvial	21° 39' 24,6''	43° 23' 23,5''	752,7	5,0
P4	Zona intermediária	21° 40' 02,1''	43° 23' 17,8''	751,9	6,0
P5	Zona lacustre	21° 40' 50,8''	43° 24' 05,7''	745,5	9,5

Foram utilizados frascos de polietileno de 500 mL, previamente ambientados com a água do local por três vezes para as análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Para a análise de metais e agrotóxicos, foram utilizados frascos de polietileno de 100 mL. Aqueles destinados às análises de metais foram previamente preparados com 2 gotas de HNO<sub>3</sub> 20 % (suficiente para pH < 2,0) para preservação das amostras, e aqueles destinados à análise de agrotóxicos já continham como preservante, 1 gota de Ácido Etileno Diamino. As amostras para a análise de metais dissolvidos foram filtradas em campo, utilizando seringas de 50 mL acopladas a filtros *Millipore Millex* de 45 µm, e colocadas diretamente nos frascos. A água foi coletada em frascos âmbar de 1 L (“virgens”) e transferidas cuidadosamente para os referidos frascos de 100 mL. Em seguida, todas as amostras coletadas foram preservadas em isopor com gelo (temperatura em torno de 4° C) até a chegada aos laboratórios para análise.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água, coliformes totais e termotolerantes, nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez, sólidos totais, cor, condutividade e clorofila *a*. Os metais analisados na forma total (soma das frações de metais em solução e em suspensão) e dissolvida foram: Cu, Cr, Cd, Pb, Ni, Zn, Mn, Fe, Na, K e Ca. Os agrotóxicos investigados foram todos aqueles mencionados nas Portarias MS/GM 518/2004 e MS/GM 2.914/2011 (Brasil, 2004; 2011). Esta última revogou a primeira e ambas foram utilizadas como referências para comparação dos resultados de agrotóxicos, por serem mais abrangentes que a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), envolvendo mais parâmetros orgânicos utilizados na fabricação dos agrotóxicos. No início desta pesquisa, ainda vigorava a antiga Portaria.



**Figura 1.** Ortofoto do voo aerofotogramétrico, datada de 2007, indicando os cinco pontos de amostragem na Represa Dr. João Penido.

**Fonte:** Juiz de Fora (2007).

Os respectivos métodos de ensaio seguiram o preconizado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 1998). As análises de coliformes, metais e agrotóxicos foram complementadas com outras metodologias (Silva et al., 2005; USEPA, 2007a; 2007b). Em campo, no momento da coleta, foram medidos os parâmetros pH, temperatura (ar e água) e OD, utilizando equipamentos portáteis. Os metais foram analisados por espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). O equipamento utilizado foi *Agilent Technologies/ 7500CE*, que dispõe de recursos avançados em seu programa, e possibilitam uma escolha criteriosa das linhas de emissão a serem utilizadas para cada elemento. Os agrotóxicos foram analisados por cromatografia gasosa (GC) associada à espectrometria de massa (MS) (USEPA, 2007b). O equipamento utilizado foi cromatógrafo com espectrômetro de massas e injetor automático para líquidos, marca *Agilent*; modelo do cromatógrafo 7890A; modelo do espectrômetro de massas 5975C *inert MSD*; modelo do injetor 7683B. As análises de metais e agrotóxicos foram realizadas no Laboratório Bioagri – *A Mérieux NutriSciences Company*, unidade de Piracicaba (SP). As

demais análises foram realizadas no Laboratório de Águas e Alimentos e no Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Para a análise estatística foi construído um banco de dados pela tabulação e codificação dos mesmos, que foram então analisados pelo programa SPHINX LEXICA & EURECA V. 5, estabelecendo a frequência de cada variável nas amostras levantadas. Para realizar a montagem do banco de dados, foi necessário proceder às seguintes etapas: determinação da correspondência entre os dados e a variável; codificação das variáveis; categorização dos resultados; formação do banco de dados e análise estatística descritiva de cada variável. A associação entre os dados obtidos para metais e parâmetros físico-químicos foi feita através da correlação de Pearson, aplicando-se a técnica de mineração de dados (*Data mining*) procurando padrões, tendências e verificando relações e correlações estatísticas, no nível de significância de 5% entre as variáveis do estudo, segundo metodologia descrita por Berry e Linoff (1997) e Han e Jamber (2001). A mineração de dados, ou *data mining*, é o processo de análise de conjuntos de dados que tem por objetivo buscar todas as associações possíveis dentro de todas as variáveis que fazem parte do objeto do estudo, permitindo a descoberta de padrões interessantes e que possam representar informações úteis. Este conceito está se tornando cada vez mais popular como uma ferramenta de gerenciamento de informação, podendo guiar decisões em condições de certeza limitada (Berry e Linoff, 1997; Han e Jamber, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Metais

Os resultados mostraram que as concentrações de metais na Represa Dr. João Penido, são baixas (Tabela 2). Dentre os metais pesquisados que possuem limites definidos na Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), verificou-se que o Fe dissolvido não atendeu aos seus limites em alguns pontos e o Zn total, somente em uma amostra. Isso corresponde a 27,5 % e 2,5% do total analisado de 40 amostras nos 5 pontos de coleta, respectivamente para os dois metais (Tabela 2). Com relação ao Fe dissolvido, o resultado era de se esperar devido às características geológicas dos terrenos da região. O intemperismo das rochas e a lixiviação dos solos, que são ricos em Fe, contribuem para o incremento do metal na água. Além disso, Jackson (1992) cita que o Fe também pode estar presente nos efluentes domésticos, além de outros metais como o Zn.

As concentrações de Cd, Cr, Ni e Pb estiveram abaixo do limite de quantificação dos métodos utilizados e não foram apresentados na Tabela 2. Os demais metais, atenderam aos limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), quando citados nesta norma.

Os resultados de metais foram comparados com os reservatórios monitorados pela CETESB no estado de São Paulo referentes ao ano de 2012 (CETESB, 2013). Como são muitos os pontos monitorados, foram escolhidos para fins de comparação, aqueles situados em reservatórios utilizados para abastecimento público de água e que são enquadrados em classe especial. A escolha desta classe foi feita por ser mais restritiva e porque não havia nenhum reservatório de abastecimento na rede de monitoramento paulista, cuja classe fosse a mesma da Represa Dr. João Penido (classe 1). A CETESB também compara os resultados destes reservatórios com os limites definidos para a classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), tendo em vista que a norma não define padrões para a classe especial (CETESB, 2013).

**Tabela 2.** Resultados e estatística descritiva de metais para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (continua)

Cobre total (mg/L)						Cobre dissolvido (mg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	27/07/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
25/08/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	25/08/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
27/10/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0016	27/10/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
28/03/12	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	28/03/12	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
18/07/12	<0,001	0,0375	<0,001	<0,001	<0,001	18/07/12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
16/08/12	<0,001	0,0051	0,0041	0,0036	<0,001	16/08/12	<0,001	0,0014	0,0014	<0,001	<0,001
21/11/12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	21/11/12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
14/03/13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	14/03/13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	*	*	*	*	*	Méd.Arit.	*	*	*	*	*
DP	*	*	*	*	*	DP	*	*	*	*	*
Máx.	*	0,0375	0,0041	0,0036	0,0016	Máx.	*	0,0014	0,0014	*	*
Mín.	*	*	*	*	*	Mín.	*	*	*	*	*

Ferro total (mg/L)						Ferro dissolvido (mg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,6964	0,6863	0,5675	0,4560	0,5080	27/07/11	<b>0,5531</b>	0,2867	0,2606	0,2369	<b>0,4512</b>
25/08/11	0,3497	0,4136	0,2464	0,2642	0,3389	25/08/11	0,2860	0,2530	0,2130	0,2530	0,2889
27/10/11	0,7556	1,4600	0,4914	0,3189	0,3092	27/10/11	<b>0,4741</b>	<b>1,1000</b>	0,0729	0,0934	0,0358
28/03/12	1,7900	1,6000	0,4219	0,3456	0,1967	28/03/12	<b>0,6293</b>	0,1983	0,2860	0,2860	0,1530
18/07/12	0,7896	0,2960	0,7301	0,6829	0,7098	18/07/12	0,2557	0,2403	0,1059	0,2073	0,2422
16/08/12	0,8991	0,8899	0,6702	0,7652	0,6733	16/08/12	0,1153	<b>0,3721</b>	0,1305	0,0920	0,0841
21/11/12	1,8200	2,2700	0,6668	0,6398	0,5074	21/11/12	<b>0,6174</b>	<b>0,5716</b>	0,2507	0,2202	0,2375
14/03/13	1,3600	0,9897	1,2700	1,3200	1,2800	14/03/13	<b>0,4004</b>	0,2284	0,2279	<b>0,4162</b>	<b>0,3351</b>
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	1,0576	1,0757	0,6330	0,5991	0,5654	Méd.Arit.	0,4164	0,4063	0,1934	0,2256	0,2285
DP	0,5384	0,6643	0,3014	0,3446	0,3386	DP	0,1857	0,3047	0,0794	0,1046	0,1355
Máx.	1,8200	2,2700	1,2700	1,3200	1,2800	Máx.	0,6293	1,1000	0,2860	0,4162	0,4512
Mín.	0,3497	0,2960	0,2464	0,2642	0,1967	Mín.	0,1153	0,1983	0,0729	0,0920	0,0358

Manganês total (mg/L)						Manganês dissolvido (mg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,0137	0,0096	0,0092	0,0099	0,0067	27/07/11	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
25/08/11	0,0093	0,0099	0,0076	0,0081	0,0092	25/08/11	0,0083	0,0081	0,0074	0,0060	0,0074
27/10/11	0,0283	0,0323	0,0181	0,0169	0,0206	27/10/11	0,0224	0,0277	0,0120	0,0103	0,0062
28/03/12	0,0174	0,0123	0,0150	0,0024	0,0023	28/03/12	0,0029	0,0020	0,0140	<0,0001	<0,0001
18/07/12	0,0147	0,0242	0,0136	0,0157	0,0194	18/07/12	0,0111	0,0113	0,0056	0,0033	<0,001
16/08/12	0,0166	0,0125	0,0155	0,0171	0,0105	16/08/12	0,0025	0,0032	<0,001	<0,001	<0,001
21/11/12	0,0466	0,0388	0,0219	0,0229	0,0165	21/11/12	0,0298	0,0160	0,0019	<0,001	<0,001
14/03/13	0,0255	0,0208	0,0238	0,0277	0,0280	14/03/13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd. Arit.	0,0215	0,0201	0,0156	0,0151	0,0142	Méd. Arit.	0,0128	0,0114	0,0082	0,0065	0,0068
DP	0,0119	0,0110	0,0056	0,0081	0,0085	DP	0,0110	0,0095	0,0049	0,0035	0,0008
Máx.	0,0466	0,0388	0,0238	0,0277	0,0280	Máx.	0,0298	0,0277	0,0140	0,0103	0,0074
Mín.	0,0093	0,0096	0,0076	0,0024	0,0023	Mín.	0,0025	0,0020	0,0019	0,0033	0,0062



**Tabela 2.** Resultados e estatística descritiva de metais para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (continuação)

Zinco total (mg/L)						Zinco dissolvido (mg/L)					
Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5	Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,0316	0,0243	0,0211	0,0042	0,0364	27/07/11	0,0047	0,0083	0,0056	<0,0001	<0,0001
25/08/11	0,0706	<0,0001	0,0548	0,0534	0,0512	25/08/11	0,0237	<0,0001	0,0150	0,0105	0,0170
27/10/11	0,0707	0,0545	0,0444	0,0485	0,0759	27/10/11	0,0397	0,0428	0,0059	0,0087	0,0063
28/03/12	0,0756	0,0602	0,0480	0,0165	0,0146	28/03/12	0,0098	0,0107	0,0387	0,0120	0,0090
18/07/12	0,0458	<b>0,3320</b>	0,0475	0,0461	0,0614	18/07/12	0,0390	0,0443	0,0390	0,0390	0,0490
16/08/12	0,0437	0,0534	0,0791	<0,001	<0,001	16/08/12	0,0280	0,0534	0,0545	<0,001	<0,001
21/11/12	0,0207	0,0131	<0,001	0,0010	<0,001	21/11/12	0,0059	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
14/03/13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	14/03/13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd. Arit.	0,0512	0,0896	0,0492	0,0283	0,0479	Méd. Arit.	0,0215	0,0319	0,0265	0,0176	0,0203
DP	0,0214	0,1202	0,0187	0,0237	0,0235	DP	0,0150	0,0209	0,0204	0,0144	0,0196
Máx.	0,0756	0,3320	0,0791	0,0534	0,0759	Máx.	0,0397	0,0534	0,0545	0,0390	0,0490
Mín.	0,0207	0,0131	0,0211	0,0010	0,0146	Mín.	0,0047	0,0083	0,0056	0,0087	0,0063

Sódio total (mg/L)						Sódio dissolvido (mg/L)					
Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5	Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,9435	1,4600	0,9292	0,8304	0,8913	27/07/11	0,8970	0,8897	0,8950	0,8130	0,8130
25/08/11	1,0700	1,0500	1,1800	1,0400	1,0200	25/08/11	0,9970	0,5130	0,9970	0,9970	0,9960
27/10/11	1,3800	1,7700	0,8528	0,7988	1,3000	27/10/11	1,3000	1,7000	0,7825	0,7660	1,1000
28/03/12	1,1200	1,0700	2,2800	1,8000	3,1300	28/03/12	0,7715	0,9970	0,7700	0,8689	1,6000
18/07/12	1,0000	28,6000	1,0700	0,9525	0,9917	18/07/12	0,7432	0,7492	0,7772	0,7427	0,7428
16/08/12	1,0600	1,2200	1,2300	1,0700	1,2100	16/08/12	0,6840	0,9880	0,9167	0,9550	0,8798
21/11/12	1,0900	1,3100	0,5307	1,1000	0,8104	21/11/12	0,8126	0,9250	0,4970	0,6488	0,7303
14/03/13	0,9900	1,2000	0,8881	0,8878	0,8987	14/03/13	0,8659	1,1000	0,7918	0,8554	0,7833
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd. Arit.	1,0817	4,7100	1,1201	1,0599	1,2815	Méd. Arit.	0,8839	0,9827	0,8034	0,8309	0,9557
DP	0,1338	9,6558	0,5172	0,3189	0,7649	DP	0,1942	0,3413	0,1488	0,1137	0,2902
Máx.	1,3800	28,6000	2,2800	1,8000	3,1300	Máx.	1,3000	1,7000	0,9970	0,9970	1,6000
Mín.	0,9435	1,0500	0,5307	0,7988	0,8104	Mín.	0,6840	0,5130	0,4970	0,6488	0,7303

Potássio total (mg/L)						Potássio dissolvido (mg/L)					
Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5	Data coleta	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,4052	0,5597	0,3915	0,4770	0,4426	27/07/11	0,3990	0,3991	0,3860	0,4130	0,4130
25/08/11	0,7316	0,6738	0,7422	0,7520	0,7558	25/08/11	0,7130	0,6363	0,7030	0,7130	0,7130
27/10/11	0,8979	1,2400	0,4642	0,3836	0,4496	27/10/11	0,7607	1,1000	0,4560	0,3030	0,3372
28/03/12	0,7203	0,6011	0,7444	0,7037	1,0200	28/03/12	0,4902	0,5970	0,4651	0,5281	0,7371
18/07/12	0,5551	1,1500	0,6309	0,5472	0,5761	18/07/12	0,4230	0,4006	0,4502	0,4402	0,4519
16/08/12	0,5501	0,5723	0,6592	0,5878	0,5735	16/08/12	0,4625	0,4594	0,5172	0,5052	0,4901
21/11/12	0,6597	0,8672	0,5165	0,5833	0,4993	21/11/12	0,5026	0,7270	0,4542	0,4401	0,4649
14/03/13	0,6934	0,6639	0,6504	0,6828	0,6747	14/03/13	0,6220	0,6240	0,6248	0,6021	0,6135
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd. Arit.	0,6517	0,7910	0,5999	0,5897	0,6240	Méd. Arit.	0,5466	0,6179	0,5071	0,4931	0,5276
DP	0,1483	0,2682	0,1293	0,1225	0,1929	DP	0,1355	0,2285	0,1052	0,1252	0,1445
Máx.	0,8979	1,2400	0,7444	0,7520	1,0200	Máx.	0,7607	1,1000	0,7030	0,7130	0,7371
Mín.	0,4052	0,5597	0,3915	0,3836	0,4426	Mín.	0,3990	0,3991	0,3860	0,3030	0,3372

**Tabela 2.** Resultados e estatística descritiva de metais para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (conclusão)

Data coleta	Cálcio total (mg/L)					Datacoleta	Cálcio dissolvido (mg/L)				
	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	1,1900	0,8450	1,0600	0,7952	1,2700	27/07/11	1,1000	0,6963	0,6841	0,7860	1,1000
25/08/11	1,5600	1,3500	1,4000	1,3500	1,3600	25/08/11	1,4000	0,1254	1,4000	1,2000	1,3000
27/10/11	1,9200	2,0600	1,8400	1,6900	2,2400	27/10/11	1,8000	1,7000	1,3000	1,3000	1,3000
28/03/12	1,8500	1,6700	1,7800	1,9400	1,9000	28/03/12	1,6000	1,5000	1,6000	1,8000	1,8000
18/07/12	1,2900	7,8600	1,3400	1,3700	1,3300	18/07/12	1,2000	1,2000	1,2000	1,3000	1,3000
16/08/12	1,2500	1,4100	2,2400	1,3100	1,4500	16/08/12	1,2000	1,3000	1,2000	1,3000	1,3000
21/11/12	1,9700	1,5600	1,4700	1,5600	1,2800	21/11/12	1,5000	1,4000	1,3000	1,3000	0,9550
14/03/13	1,5600	1,5800	1,5000	1,5500	1,5600	14/03/13	1,5000	1,5000	1,4000	1,4000	1,5000
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd. Arit.	1,574	2,292	1,579	1,446	1,549	Méd. Arit.	1,413	1,178	1,261	1,298	1,319
DP	0,313	2,275	0,363	0,335	0,347	DP	0,236	0,519	0,266	0,276	0,252
Máx.	1,970	7,860	2,240	1,940	2,240	Máx.	1,800	1,700	1,600	1,800	1,800
Mín.	1,190	0,845	1,060	0,795	1,270	Mín.	1,100	0,125	0,684	0,786	0,955

**Legenda:** Resultados em negrito: em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), para águas doces classe 1.

Méd.: Média; DP: Desvio Padrão; Máx.: Máximo; Mín.: Mínimo.

Os metais Cd, Pb, Cr, Mn, Zn e Ni na forma dissolvida não são monitorados pela CETESB, e também não constam na Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005). Os metais Cu e Fe na forma total, bem como Na e K também não constam na Resolução. Comparando os metais monitorados em São Paulo e que foram monitorados também na Represa Dr. João Penido, mas que não possuem limites previstos na Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), observa-se com relação ao Na total e K total, que os resultados variaram respectivamente de 0,53 a 28,60 mg/L e 0,38 a 1,24 mg/L na Represa Dr. João Penido e, de acordo com a CETESB (2013), de 1,75 a 18,00 mg/L e 0,44 a 5,34 mg/L nos reservatórios paulistas.

De uma forma geral, observam-se algumas semelhanças em relação às concentrações dos metais monitorados nos reservatórios paulistas e na Represa Dr. João Penido, quanto ao atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005). Em ambos os estados (SP e MG), observa-se que as concentrações de Ni, Cr, Cd e Pb total atenderam à norma; Cu dissolvido atendeu à norma, exceto no Reservatório de Guarapiranga (SP); Fe dissolvido apresentou valores em desacordo com a Resolução em ambos os estados; Zn total apresentou todos os resultados em conformidade com a norma, exceto em uma amostra do ponto P2 da Represa Dr. João Penido (MG).

### 3.2. Agrotóxicos

Todos os resultados obtidos nas análises efetuadas ficaram abaixo dos limites de quantificação dos métodos utilizados (APHA et al., 1998; USEPA, 2007b). Isso mostra que, apesar das áreas de cultivo na bacia hidrográfica e das pequenas hortas das comunidades locais, a represa não apresentou sinais de contaminação por agrotóxicos no período analisado. Portanto, todos os parâmetros estiveram em conformidade com as Portarias MS/GM 518/2004 e 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004; 2011).

### 3.3. Parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros analisados encontram-se na Tabela 3. Dentre aqueles que possuem limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), verificamos que não atenderam à referida norma, para o total de 40 amostras analisadas nos 5 pontos de coleta, os seguintes parâmetros e suas respectivas porcentagens: DBO (100%); OD (95%); PT (65%); coliformes termotolerantes (15%) e pH (2,5%).

Estes parâmetros, com exceção do pH, indicam a presença de matéria orgânica, microrganismos e nutrientes na água além dos limites legais, provavelmente introduzidos por lançamentos clandestinos de esgotos e escoamento superficial da bacia de drenagem. O entorno da represa é desprovido de vegetação ripária em quase toda sua extensão e os afluentes não possuem mata ciliar. Isso contribui para o incremento de diversas substâncias na água, pois a vegetação protege os corpos hídricos, funcionando como um filtro biológico (Esteves, 1998).

Com relação aos resultados de PT, entendemos que é necessário reduzir o aporte deste nutriente para a Represa Dr. João Penido. Em muitos casos, a recuperação de reservatórios requer reduções de cargas de PT provenientes de suas bacias hidrográficas, bem como as mudanças nas práticas de gestão (Cooke et al., 2011). As concentrações de PT afetam significativamente o habitat aquático. É notável saber que estudos realizados nos Estados Unidos mostram que as fontes difusas contribuem com 84 % do fósforo lançado nas águas superficiais. Em bacias hidrográficas, onde as atividades humanas não provocam elevados níveis de fósforo, a proteção é vista como a estratégia mais rentável; caso contrário, a restauração de bacias hidrográficas pode ser necessária em níveis ditados pelos distúrbios antropogênicos (Cross e Jacobson, 2013).

Os resultados de DBO mostram que a carga orgânica da água do manancial é alta e conseqüentemente, isso influencia nos baixos índices de OD encontrados. Além dos lançamentos de esgotos domésticos, a proliferação de macrófitas aquáticas contribuem para estes resultados. Após completarem seu ciclo de vida, as plantas entram em processo de decomposição, incrementando o teor de matéria orgânica e consumindo OD da massa líquida (Esteves, 1998).

Alguns resultados dos parâmetros físico-químicos da Represa Dr. João Penido foram comparados com os resultados obtidos em 2012 nos pontos monitorados pela CETESB, em reservatórios para fins de abastecimento público de água do estado de São Paulo (águas doces classe especial). Alguns pontos merecem ser destacados. Observa-se que a condutividade e a turbidez foram maiores nos reservatórios paulistas indicando ambientes aquáticos mais impactados em relação a estes parâmetros (CETESB, 2013).

**Tabela 3.** Resultados e estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (continua)

Temperatura do ar (°C)						Temperatura da água (°C)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	15,00	15,00	16,00	16,00	16,00	27/07/11	18,00	18,00	19,00	19,00	19,00
25/08/11	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25/08/11	21,00	21,00	21,00	21,00	22,00
27/10/11	22,00	22,00	23,00	23,00	23,00	27/10/11	24,00	24,00	24,00	25,00	25,00
28/03/12	24,50	25,00	24,50	25,00	25,00	28/03/12	25,00	25,00	25,00	25,00	26,00
18/07/12	18,50	18,50	17,50	17,50	17,50	18/07/12	19,00	19,00	19,00	19,50	20,00
16/08/12	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	16/08/12	19,50	19,50	20,00	20,00	21,00
21/11/12	24,00	23,50	23,00	22,50	21,50	21/11/12	25,00	25,00	24,00	24,00	23,00
14/03/13	26,00	26,50	27,00	27,00	27,50	14/03/13	28,00	28,00	29,00	29,00	30,00
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	21,19	21,25	21,31	21,31	21,25	Méd.	22,44	22,44	22,63	22,81	23,25
DP	03,63	03,75	03,70	03,74	03,83	DP	03,56	03,56	03,50	03,50	03,62
Máx.	26,00	26,50	27,00	27,00	27,50	Máx.	28,00	28,00	29,00	29,00	30,00
Mín.	15,00	15,00	16,00	16,00	16,00	Mín.	18,00	18,00	19,00	19,00	19,00

**Tabela 3.** Resultados e estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (continuação)

Oxigênio dissolvido (mg/L)						Condutividade (µs/cm)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	5,00	5,00	4,30	4,30	4,40	27/07/11	15,00	17,00	15,00	15,00	16,00
25/08/11	5,60	5,20	5,80	5,40	5,60	25/08/11	14,00	15,00	15,00	16,00	14,00
27/10/11	4,00	3,80	3,40	3,40	3,50	27/10/11	10,00	13,00	12,00	15,00	16,00
28/03/12	3,40	4,00	4,20	4,20	4,10	28/03/12	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00
18/07/12	5,10	5,90	5,20	5,10	4,90	18/07/12	22,00	18,00	18,00	20,00	18,00
16/08/12	4,40	4,80	5,20	5,40	5,50	16/08/12	21,00	18,00	18,00	21,00	21,00
21/11/12	5,10	5,60	5,90	6,00	6,10	21/11/12	17,00	17,00	16,00	18,00	17,00
14/03/13	4,60	3,90	4,20	4,00	4,30	14/03/13	12,00	12,00	10,00	13,00	11,00
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	4,65	4,78	4,78	4,73	4,80	Méd.	14,50	14,38	13,50	15,25	14,63
DP	0,71	0,80	0,88	0,88	0,88	DP	05,63	04,41	04,72	05,28	05,18
Máx.	5,60	5,90	5,90	6,00	6,10	Máx.	22,00	18,00	18,00	21,00	21,00
Mín.	3,40	3,80	3,40	3,40	3,50	Mín.	05,00	5,00	04,00	04,00	04,00

pH						Cor (mg Pt/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	6,50	5,90	6,68	6,70	6,75	27/07/11	51,0	59,0	51,0	52,0	45,0
25/08/11	6,49	6,30	6,80	7,04	6,78	25/08/11	61,0	69,0	53,0	61,0	48,0
27/10/11	7,34	7,67	7,99	8,16	8,35	27/10/11	98,0	134,0	84,0	60,0	45,0
28/03/12	6,57	6,30	6,78	6,32	6,34	28/03/12	126,0	129,0	119,0	112,0	151,0
18/07/12	7,33	7,25	7,29	7,24	7,31	18/07/12	5,0	27,0	25,0	20,0	30,0
16/08/12	7,40	7,50	7,30	7,30	7,20	16/08/12	64,0	66,0	59,0	61,0	43,0
21/11/12	7,30	7,40	7,40	7,10	7,10	21/11/12	5,0	27,0	25,0	20,0	30,0
14/03/13	7,00	7,10	7,00	7,00	7,20	14/03/13	5,0	20,0	18,0	16,0	23,0
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	6,99	6,93	7,16	7,11	7,13	Méd.	51,88	66,38	54,25	50,25	51,88
DP	0,41	0,66	0,43	0,53	0,59	DP		45,43	44,41	34,10	31,95
Máx.	7,40	7,67	7,99	8,16	8,35	Máx.		126,00	134,00	119,00	112,00
Mín.	6,49	5,90	6,68	6,32	6,34	Mín.		5,00	20,00	18,00	16,00

Turbidez (UNT)						DBO (mg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	3,15	2,71	3,04	2,85	2,59	27/07/11	-	-	-	-	-
25/08/11	3,49	2,59	3,33	2,98	3,12	25/08/11	6,00	12,00	6,00	6,00	6,00
27/10/11	5,12	6,51	7,73	5,70	4,29	27/10/11	14,00	14,00	15,00	14,00	14,00
28/03/12	3,90	3,77	3,43	3,49	3,81	28/03/12	16,00	15,00	8,00	8,00	9,00
18/07/12	0,32	0,11	0,13	0,10	0,87	18/07/12	16,00	28,00	16,00	12,00	14,00
16/08/12	1,71	1,60	1,34	1,40	0,62	16/08/12	13,50	16,50	17,50	15,50	13,50
21/11/12	1,32	1,11	1,13	1,10	0,87	21/11/12	13,00	22,00	13,00	10,00	13,00
14/03/13	1,24	1,10	1,10	1,10	0,54	14/03/13	10,00	16,00	12,00	10,00	11,00
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	2,53	2,44	2,65	2,34	2,09	Méd.	12,64	17,64	12,50	10,79	11,50
DP	1,63	2,00	2,38	1,78	1,54	DP	3,57	5,51	4,21	3,31	3,04
Máx.	5,12	6,51	7,73	5,70	4,29	Máx.	16,00	28,00	17,50	15,50	14,00
Mín.	0,32	0,11	0,13	0,10	0,54	Mín.	6,00	12,00	6,00	6,00	6,00

**Tabela 3.** Resultados e estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (continuação)

Sólidos totais (mg/L)						Nitrato (mg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	56,00	46,00	34,00	19,00	36,00	27/07/11	0,76	0,41	0,42	0,46	0,46
25/08/11	45,00	38,00	28,00	24,00	33,00	25/08/11	0,38	0,42	0,34	0,37	0,35
27/10/11	65,00	54,00	45,00	35,00	33,00	27/10/11	0,47	0,73	0,47	0,37	0,34
28/03/12	142,00	123,00	27,00	6,00	29,00	28/03/12	0,59	0,68	0,62	0,63	0,64
18/07/12	30,00	88,00	34,00	44,00	100,00	18/07/12	0,37	0,27	0,33	0,32	0,33
16/08/12	58,00	114,00	50,00	54,00	92,00	16/08/12	0,42	0,47	0,45	0,47	0,49
21/11/12	25,00	77,00	30,00	42,00	98,00	21/11/12	0,50	0,53	0,36	0,37	0,34
14/03/13	22,00	60,00	25,00	37,00	72,00	14/03/13	0,76	0,87	0,89	0,89	0,82
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	55,38	75,00	34,13	32,63	61,63	Méd.	0,533	0,548	0,486	0,484	0,469
DP	38,53	31,34	8,94	15,44	32,04	DP	0,157	0,198	0,189	0,189	0,176
Máx.	142,0	123,00	50,00	54,00	100,00	Máx.	0,763	0,874	0,891	0,887	0,816
Mín.	22,00	38,00	25,00	6,00	29,00	Mín.	0,373	0,270	0,326	0,321	0,331

Nitrito (µg/L)						Amônio (µg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	1,12	1,13	1,27	1,19	1,34	27/07/11	138,76	97,59	112,24	116,97	73,26
25/08/11	1,66	1,37	2,87	1,55	1,83	25/08/11	33,39	25,30	25,26	25,29	24,67
27/10/11	2,13	2,10	2,00	1,59	1,29	27/10/11	22,94	37,57	21,72	24,00	18,39
28/03/12	3,06	3,25	3,52	3,55	3,50	28/03/12	18,07	29,45	25,14	23,82	23,00
18/07/12	1,67	1,21	1,05	0,87	1,00	18/07/12	64,37	31,35	34,76	112,73	31,94
16/08/12	1,55	1,55	1,71	1,81	4,37	16/08/12	17,86	9,56	21,46	17,46	10,41
21/11/12	1,60	2,46	1,79	1,71	1,44	21/11/12	147,59	164,92	132,27	114,88	95,23
14/03/13	13,27	11,37	12,40	13,62	14,01	14/03/13	201,47	179,67	162,93	178,98	183,39
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	3,26	3,05	3,33	3,24	3,60	Méd.	80,56	71,93	66,97	76,77	57,54
DP	4,09	3,44	3,76	4,27	4,37	DP	71,86	67,20	58,76	61,60	58,78
Máx.	13,27	11,37	12,40	13,62	14,01	Máx.	201,47	179,67	162,93	178,98	183,39
Mín.	1,12	1,13	1,05	0,87	1,00	Mín.	17,86	9,56	21,46	17,46	10,41

Nitrogênio total (mg/L)						Fósforo total (µg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	1,68	1,58	1,32	0,99	1,13	27/07/11	<b>24,80</b>	<b>27,92</b>	19,93	20,57	21,68
25/08/11	2,67	4,55	4,38	1,69	1,34	25/08/11	19,35	15,04	15,93	<b>33,43</b>	18,32
27/10/11	0,68	0,14	0,70	0,77	0,73	27/10/11	16,70	22,86	15,16	21,17	9,92
28/03/12	0,93	1,03	1,06	1,06	1,50	28/03/12	18,39	<b>26,45</b>	<b>26,29</b>	23,75	20,14
18/07/12	0,88	0,75	0,72	0,74	0,77	18/07/12	<b>29,01</b>	23,00	24,70	22,95	19,30
16/08/12	0,71	0,83	0,74	0,77	0,73	16/08/12	18,56	16,57	25,43	17,92	19,89
21/11/12	2,46	1,80	2,03	2,74	2,60	21/11/12	37,87	47,34	37,04	<b>35,22</b>	<b>39,26</b>
14/03/13	1,67	1,73	1,82	1,76	1,76	14/03/13	72,50	55,69	56,20	<b>49,00</b>	<b>71,30</b>
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	1,46	1,55	1,60	1,32	1,32	Méd.	29,65	29,36	27,59	28,00	27,48
DP	0,79	1,34	1,23	0,70	0,64	DP	18,71	14,53	13,48	10,49	19,51
Máx.	2,67	4,55	4,38	2,74	2,60	Máx.	72,50	55,69	56,20	49,00	71,30
Mín.	0,68	0,14	0,70	0,74	0,73	Mín.	16,70	15,04	15,16	17,92	9,92

**Tabela 3.** Resultados e estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para cada campanha realizada nos pontos amostrais da Represa Dr. João Penido (2011-2013). (conclusão)

Fósforo total (mg/L)						Clorofila <i>a</i> (µg/L)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	0,025	0,028	0,020	0,021	0,022	27/07/11	2,90	3,00	2,45	2,75	3,35
25/08/11	0,019	0,015	0,016	<b>0,033</b>	0,018	25/08/11	2,90	3,65	4,00	4,15	5,50
27/10/11	0,017	0,023	0,015	0,021	0,010	27/10/11	3,00	3,20	3,40	3,00	4,20
28/03/12	0,018	<b>0,026</b>	<b>0,026</b>	0,024	0,020	28/03/12	5,15	4,40	3,65	3,90	4,75
18/07/12	<b>0,029</b>	0,023	0,025	0,023	0,019	18/07/12	3,20	3,00	2,80	2,00	1,90
16/08/12	0,019	0,017	0,025	0,018	0,020	16/08/12	3,80	2,70	3,00	2,20	2,20
21/11/12	<b>0,038</b>	<b>0,047</b>	<b>0,037</b>	<b>0,035</b>	<b>0,039</b>	21/11/12	4,00	4,40	3,60	3,20	2,80
14/03/13	<b>0,073</b>	<b>0,056</b>	<b>0,056</b>	<b>0,049</b>	<b>0,071</b>	14/03/13	4,20	6,60	7,90	7,00	2,90
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	Méd.	3,64	3,87	3,85	3,53	3,45
DP	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	DP	0,80	1,28	1,71	1,59	1,26
Máx.	0,07	0,06	0,06	0,05	0,07	Máx.	5,15	6,60	7,90	7,00	5,50
Mín.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	Mín.	2,90	2,70	2,45	2,00	1,90

Coliformes totais (NMP/100 mL)						Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)					
Data	P1	P2	P3	P4	P5	Data	P1	P2	P3	P4	P5
27/07/11	33	900	220	220	220	27/07/11	17	<b>900</b>	130	130	22
25/08/11	30	30	30	23	4	25/08/11	4	13	4	23	0
27/10/11	12	30	23	13	2	27/10/11	9	30	8	13	2
28/03/12	110	900	170	220	280	28/03/12	110	<b>900</b>	170	<b>220</b>	<b>280</b>
18/07/12	23	8	13	33	30	18/07/12	2	8	8	27	8
16/08/12	110	23	23	13	8	16/08/12	23	8	< 2	< 2	< 2
21/11/12	1600	1600	23	23	17	21/11/12	<b>900</b>	<b>350</b>	23	13	11
14/03/13	240	300	34	350	500	14/03/13	50	17	17	50	23
Estatística descritiva						Estatística descritiva					
Méd.	269,8	473,9	67,0	111,9	132,6	Méd.	139,4	278,3	51,4	68,0	49,4
DP	542,8	594,7	80,4	131,8	184,1	DP	309,4	400,8	68,6	78,6	102,1
Máx.	1600	1600	220	350	500	Máx.	900	900	170	220	280
Mín.	12	8	13	13	2	Mín.	2	8	4	13	0

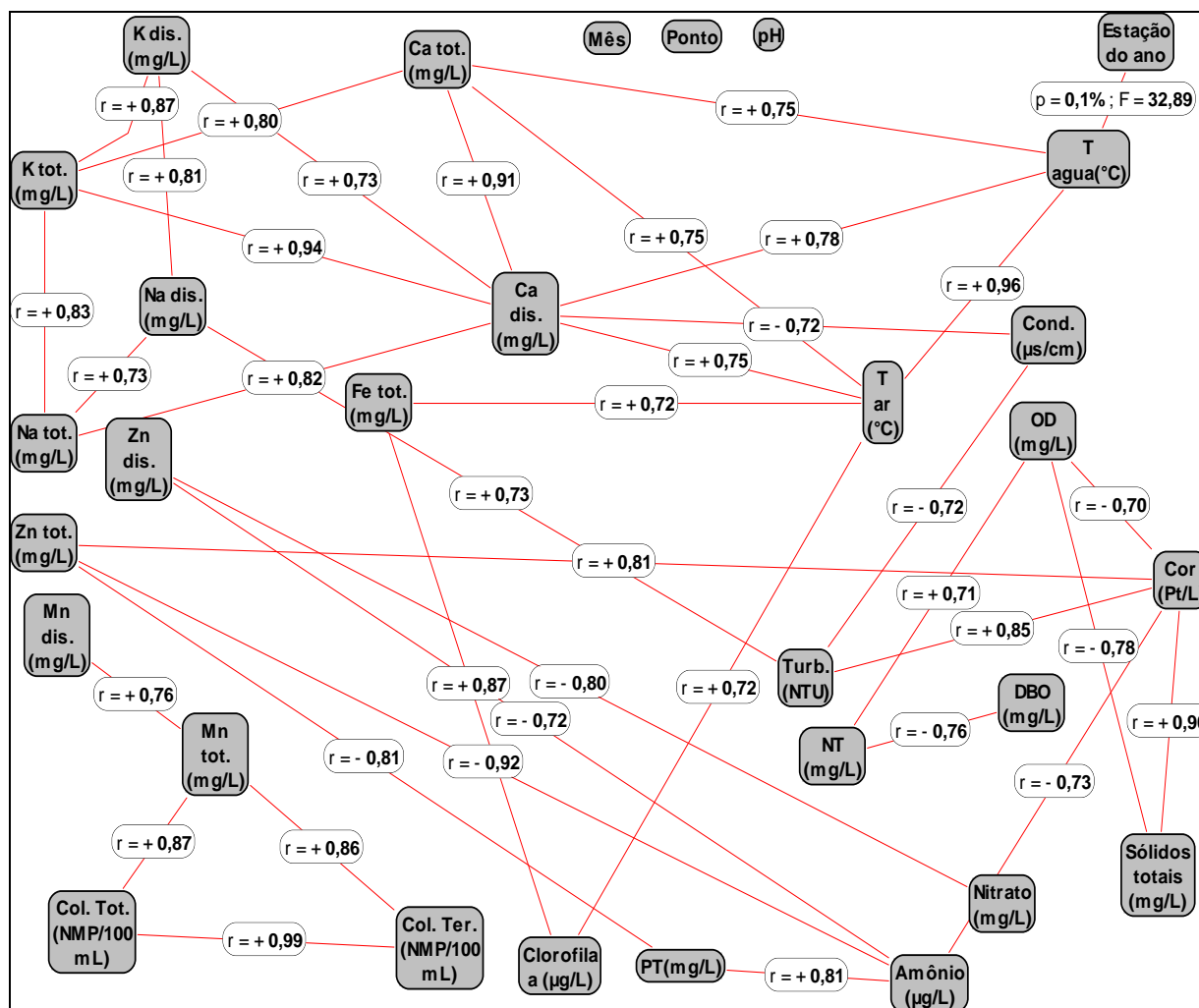
**Legenda:** Resultados em negrito: em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), para águas doces classe 1.

Méd.: Média; DP: Desvio Padrão; Máx.: Máximo; Mín.: Mínimo.

Alguns resultados de OD e clorofila *a* indicam possibilidade de uma maior produção de biomassa fitoplanctônica, bem como a presença de macrófitas e/ou algas nos reservatórios paulistas do que na Represa Dr. João Penido. Valores acima de 9,2 mg/L de OD indicam supersaturação do gás na água, neste caso, produzido por algas ou macrófitas, indicando ambientes mais impactados e isso foi observado nos reservatórios paulistas em alguns resultados (CETESB, 2013). Para os íons nitrato, nitrito e amônio, as concentrações ficaram abaixo dos limites legais em ambos os estados. A DBO apresentou resultados superiores na represa mineira, com 100% em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), sendo que o valor máximo nos dois estados foi obtido para esta represa. Em ambos os estados, o PT apresentou valores em desacordo com a norma. Os máximos valores para DBO e PT foram observados na represa mineira, demonstrando maior carga de matéria orgânica e nutrientes neste ambiente. Quanto à cor, observa-se também que o máximo foi obtido na represa mineira. O pH apresentou variação semelhante nos dois estados, com máximo obtido no Reservatório de Jaguari (SP) (CETESB, 2013).

### 3.4. Correlação entre os metais e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos na análise estatística

A correlação entre os metais e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados nos resultados estão apresentados na Figura 2, onde:  $p$  = nível de significância,  $r$  = coeficiente de correlação e  $F$  = Teste exato de Fisher.



**Figura 2.** Mineração de dados apresentando as associações significativas entre metais e parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para  $p < 0,05$ .

O pH, mês e pontos de coleta não apresentaram correlação significativa com nenhum parâmetro.

Apesar dos resultados mostrarem altos valores de DBO e baixos índices de OD na água, não foi observada correlação na análise estatística entre os resultados de DBO e OD.

Os resultados denotaram inicialmente haver uma associação significativa entre a temperatura da água e estação do ano ( $p = 0,01$ ). A temperatura da água por sua vez também apresentou uma correlação positiva com a temperatura do ar ( $r = +0,96$ ), fato que era de se esperar.

A temperatura da água também apresentou correlação positiva com Ca total ( $r = +0,75$ ) e Ca dissolvido ( $r = +0,78$ ). Sabe-se que o aumento de temperatura provoca o aumento da solubilidade de compostos na água e esta correlação foi significativa para o Ca no ambiente

de estudo. A reação de dissolução do Ca no solo ocorre principalmente pela reação do carbonato com a água presente no meio, que é pouco solúvel.

A temperatura do ar apresentou uma correlação entre o nível de Fe total ( $r = + 0,72$ ), clorofila *a* ( $r = + 0,72$ ), Ca dissolvido ( $r = + 0,75$ ) e Ca total ( $r = + 0,75$ ). O aumento da temperatura promove o aumento generalizado dos processos metabólicos nos ambientes aquáticos, promovendo a aceleração das reações enzimáticas da fotossíntese, resultando em aumento de produtividade e conseqüente aumento do fitoplâncton (Fernandes et al., 2005). Assim, ocorre o incremento dos índices de clorofila *a* na água, explicando a correlação positiva encontrada. Ricklefs (2003) afirma que os solos contêm ar, água, minerais, matéria orgânica, microrganismos e diversas outras substâncias. Com o aumento da temperatura, ocorre o aumento da solubilidade dos compostos, lixiviando-os para a água. Esta correlação da temperatura foi importante para o Ca e Fe presentes nos terrenos da região principalmente nos minerais granada, biotita e homblenda e nas rochas granulíticas (Rocha, 2006). Os latossolos presentes na bacia (Juiz de Fora, 2015) também são ricos em óxidos e hidróxidos de ferro. Um dos efeitos da presença de água no solo (em torno de 25%) é a diminuição do potencial de oxidação pela ação dos agentes redutores orgânicos que agem através das bactérias catalisadoras, tornando o solo mais redutor. Um dos resultados é a redução de óxidos insolúveis de  $Fe^{+3}$  em compostos solúveis de  $Fe^{+2}$ , que é facilitada pelo aumento da temperatura do ar, explicando a correlação positiva. A reação de dissolução do Ca no solo ocorre principalmente pela reação do carbonato com a água presente no meio, que é pouco solúvel (Ricklefs, 2003).

Outras correlações positivas constatadas foram o Ca dissolvido com K total ( $r = + 0,94$ ), K dissolvido ( $r = + 0,73$ ) e Na total ( $r = + 0,82$ ). Uma possível justificativa para esta observação é a influência antropogênica no meio aquático, pois estes metais são constituintes da urina, evidenciando o lançamento de esgotos nas águas. Estes íons também podem ser liberados para o ambiente por meio das reações químicas provenientes do intemperismo das rochas calcissilicáticas, biotita e anfíbolitos, presentes nos solos da região (Rocha, 2006), além dos minerais feldspáticos (Juiz de Fora, 2004), que são ricos nestes elementos. Esta correlação também foi observada por Lima (2009) no estudo feito nas águas do rio Piracicaba.

O Mn dissolvido apresentou uma correlação positiva entre coliformes totais ( $r = + 0,87$ ) e coliformes termotolerantes ( $r = + 0,86$ ), mostrando a interferência do intemperismo e do escoamento superficial na qualidade da água. Os coliformes estão presentes nos solos devido às criações de gado existentes na área da bacia e também têm origem nos possíveis processos de infiltração provenientes dos precários sistemas de tratamentos de efluentes (fossas e sumidouros) das residências locais, além dos lançamentos clandestinos de esgotos na água. O Mn ocorre naturalmente nas rochas da região, nos minerais gondito e granada (Rocha, 2006) e devido às reações químicas de oxi-redução que ocorrem no solo, ocorre a liberação de compostos solúveis do metal para a água.

O NT apresentou uma correlação positiva com o OD ( $r = + 0,71$ ). Sabe-se que o nitrogênio é utilizado pelas algas e vegetais superiores para o seu crescimento. Com a entrada contínua deste nutriente na água através do escoamento superficial e de lançamentos de esgotos, há aumento de sua concentração no sistema, provocando o aumento da biomassa vegetal e algal. Conseqüentemente, haverá maior produção de OD no meio aquático na região aeróbia do epilímnio.

As correlações elevadas entre cor e sólidos totais ( $r = + 0,90$ ) e cor e turbidez ( $r = + 0,85$ ) mostram a fragilidade dos ambientes aquáticos ao carreamento de sedimentos, pela ausência de vegetação ripária em quase toda a extensão da represa e dos tributários, fato que pôde ser verificado em visitas técnicas de campo.

Fe e clorofila *a* também apresentaram boa correlação ( $r = + 0,87$ ). O Fe é essencial para a síntese da clorofila, embora não faça parte de sua estrutura. O metal é um macronutriente e participa de vários processos enzimáticos vinculados a processos de oxiredução, respiração,



fotosíntese, redução de nitratos e sulfatos, entre outros (Ricklefs, 2003). Portanto, é importante para o desenvolvimento dos vegetais. Quando o Fe é transportado para o meio aquático através do intemperismo e do escoamento superficial, há maior disponibilidade deste elemento no meio aquático, favorecendo a produção de clorofila *a*.

Observou-se boa correlação entre PT e amônio, apesar das concentrações do íon na água serem baixas. Isso indica a possibilidade da existência de lançamentos de esgotos domésticos na represa, interferindo nos parâmetros de qualidade.

O Zn dissolvido apresentou uma correlação negativa com os íons nitrato ( $r = - 0,80$ ) e amônio ( $r = - 0,72$ ). Em pontos mais impactados há maior tendência do aumento de Zn na água pelos efeitos provocados pelas atividades antropogênicas. Em locais mais afastados dos pontos de poluição por efluentes domésticos, ou seja, aqueles menos impactados, há tendência de elevação dos níveis de nitrato pelas reações de nitrificação do meio aquático. Por outro lado, não se encontrou nenhuma abordagem descrita na literatura para explicar o tipo de correlação envolvendo o íon amônio; novos e mais abrangentes estudos devem ser efetuados para apresentar alguma justificativa.

Foi observada uma correlação negativa entre o NT e DBO ( $r = - 0,76$ ). Os microrganismos existentes na matéria orgânica presente na água, expressa em níveis de DBO, consomem nutrientes do meio, daí sua correlação negativa.

De acordo com Nürnberg (2001) e Pinder (2013), tudo o que ocorre na bacia de drenagem reflete diretamente na qualidade da água dos reservatórios, fato que pôde ser observado através das correlações entre os parâmetros apresentadas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que o manancial sofre influência do uso e ocupação das terras da área da bacia de drenagem. Os parâmetros analisados que não atenderam à Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005) foram: DBO (100%); OD (95%); PT (65%); coliformes termotolerantes (15%), pH (2,5%), Fe dissolvido (27,5%) e o Zn total, em apenas uma amostra.

As águas do manancial apresentaram baixos níveis de OD para águas classe 1. Apresentaram também alto teor de carga orgânica e aporte de nutrientes, principalmente do PT, mostrando a necessidade de proteção do ambiente aquático para evitar processos de eutrofização, assoreamento e degradação da qualidade hídrica da represa. Os níveis de metais encontrados revelam que não há contaminação do manancial, indicando que as atividades antrópicas não têm relação com estas substâncias na água. As correlações entre os parâmetros revelaram a influência do intemperismo, escoamento superficial e atividades humanas na qualidade da água. As concentrações de agrotóxicos ficaram abaixo dos limites de quantificação dos métodos utilizados, mostrando que as atividades agrícolas desenvolvidas na área não estão provocando degradação da qualidade da água até o presente momento. Mas deve haver a preocupação do poder público em promover novas diretrizes para o ordenamento do uso e ocupação do solo de forma mais adequada para um manancial de abastecimento, através de legislações mais restritivas, para que no futuro não haja comprometimento da qualidade da água da represa e de seus afluentes.

Este estudo mostrou parte do diagnóstico ambiental necessário para a elaboração de um plano de manejo visando a recuperação e preservação do manancial, pois transmite importantes resultados sobre a qualidade da água fornecida à população. A gestão integrada da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido é necessária e urgente. Deve envolver ações de proteção, melhoria, recuperação e / ou reabilitação de sua saúde sanitária e ambiental. É necessário realizar o reflorestamento do entorno da represa e recomposição da mata ciliar dos afluentes para proteção do sistema aquático do escoamento superficial.

O trabalho incluiu dados relevantes sobre o reservatório, identificando parâmetros que

causam impactos sobre a qualidade da água. Deve ser utilizado como ponto de partida para a remediação, avaliação, planejamento e implementação de projetos, incluindo todos os tipos de ações sociais, políticas, científicas, econômicas e outras relacionadas com a gestão integrada dos recursos hídricos e a saúde da população. Apresentou relevância por fornecer dados para comparação de resultados obtidos em pesquisas realizadas em reservatórios de abastecimento humano em todo o mundo.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro, e à Quarta Companhia de Polícia Militar Independente de Meio Ambiente e Trânsito (4ª Cia PM Ind MAT) de Juiz de Fora, pelo auxílio durante as campanhas para as coletas das amostras.

## 6. REFERÊNCIAS

- ADEFEMI, S. O.; AWOKUNMI, E. E. Determination of physico-chemical parameters and heavy metals in water samples from Itaogbolu area of Ondo-State, Nigeria. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 145-148, 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed. Washington, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
- BAGGIO, H.; HORN, A. H. Natural and anthropogenic concentration and distribution of heavy metals in superficial water and current sediment in the Formoso river basin, Buritizeiro Municipality – MG, Brazil. In: INTERNATIONAL LATEINAMERIKA – KOLLOQUIUM, 2009. **Annals...** Göttingen: [S.N.], 2009.
- BERRY, M. J. A.; LINOFF, G. **Data Mining techniques**. New York: John Wiley, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 mar. 2004, Seção 1, p. 266.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
- BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lake and Reservoir Management**, v. 16, p. 253–264, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2011.00484.x>
- BUCCI, M. M. H. S. 2011. **Caracterização da qualidade da água na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG)**. 2011. 161f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

- BUCCI, M. H. S.; DE OLIVEIRA, L. F. C. de. Índices de qualidade da água e de estado trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 130-148, 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1290>
- BUCCI, M. H. S.; DELGADO, F. E. da F.; DE OLIVEIRA, L. F. C. de. Water quality and trophic state of a tropical urban reservoir for drinking water supply (Juiz de Fora, Brazil), **Lake and Reservoir Management**, v. 31, n. 2, p. 134-144, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/10402381.2015.1029151>
- BUCCI, M. M. H. S. **Estudo da qualidade da água na Represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, Índices de qualidade da água e de estado trófico** (Juiz de Fora, MG). 2015. 163f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.
- CARVALHO, N.; BRUM, R. Estiagem leva mananciais a nível crítico na cidade. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 14 out. 2014. Disponível em: <http://www.tribunademinas.com.br/>. Acesso em: 15 out. 2014.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL - CESAMA. **Juiz de Fora**. Mananciais. Represa Dr. João Penido. Disponível em: <http://www.cesama.com.br>. Acesso em: 07 fev. 2014.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012**. Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.
- COOKE, G. D.; WELCH, E. B.; JONES, J. R. Eutrophication of Tenkiller Reservoir, Oklahoma, from nonpoint agricultural runoff. **Lake and Reservoir Management**, v. 27, p. 256–270, 2011. <http://dx.doi.org/10.1080/07438141.2011.607552>
- CROSS, T. K.; JACOBSON, P. C. Landscape factors influencing lake phosphorus concentrations across Minnesota. **Lake and Reservoir Management**, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/10402381.2012.754808>
- DORES, E. F. G. de C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise preliminar. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422001000100007>
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- FARKAS, A.; SALÁNKI, J.; SPECZIÁR, A.; VARANKA, I. Metal pollution as health indicator of lake ecosystems. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 14, n. 2, p. 163-70, 2001.
- FERNANDES, L. F.; WOSIACK, A. C.; PACHECO, C.V.; DOMINGUES, L. LAGOS, P. D. Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 303-366.

- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1983.
- HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: concepts and techniques**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2001.
- INTERNATIONAL LAKE ENVIRONMENT COMMITTEE FOUNDATION - ILEC. **Integrated lake basin management: an introduction**. Kusatsu, 2007.
- JACKSON, J. Heavy metals and other inorganic toxic substances. In: MATSUI, S. (Ed.). **Guidelines of lake management**. v. 4. Toxic substances management in lakes and reservoirs. Otsu: ILEC; UNEP, 1992. p. 65-80.
- JUIZ DE FORA. Prefeitura. **Juiz de Fora Sempre**. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Juiz de Fora: Funalfa Edições, 2004.
- JUIZ DE FORA. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Ortofoto**. Juiz de Fora, 2007.
- JUIZ DE FORA. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Gestão. **Unidades de mapeamento de solos da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido**. Juiz de Fora, 2015.
- LEME ENGENHARIA S.A. **Plano diretor de abastecimento de água da área urbana de Juiz de Fora**. Recursos hídricos. v. IV/IX. Juiz de Fora: Prefeitura Municipal, 1985.
- LIMA, J. G. **Elementos químicos nas águas e sedimentos do Rio Piracicaba, afluente do Rio Doce – MG**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM. Deliberação Normativa nº 16, de 24 de setembro de 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. **Diário do Executivo Minas Gerais**, Belo Horizonte, 02 out. 1996.
- NÜRNBERG, G. Eutrophication and trophic state. **Lakeline**, p. 29-33, 2001.
- PEREIRA, M. J. A. **Estudos limnológicos preliminares da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG**. 1991. Monografia (Pós-graduação *latu sensu* em Ecologia e Manejo de Águas Interiores) - Universidade de São Carlos. São Carlos, 1991.
- PINDER, J. R. Lakes, landscapes and locals: Pooling partnership resources to create sustainable lake catchments. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 18, p.15-25. 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/lre.12016>
- RANGEL, L. M.; SILVA, L. H. S.; ROSA, P.; ROLAND, F.; HUSZCAR, V. L. M. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical hydroelectric reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 693, n. 1, p. 13-28, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1083-3>
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2003.
- ROCHA, G. C. **Riscos ambientais: Análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2006.
- ROCHA, A. A.; BRANCO, S. M. **Proposições básicas para a proteção ambiental da represa Dr. João Penido em Juiz de Fora, MG**. São Paulo: USP, 1986.

- SILVA, N. da; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Varela, 2005.
- UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. **Method 6020A Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry**. 2007a. Disponível em: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/6020a.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2011.
- UNITED STATES. Environmental Protection Agency - (USEPA. **Method 8270 D Semivolatile Organic Compounds By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)**. 2007b. Disponível em: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/8270d.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2011.
- VALENTE, E. João Penido corre risco de secar. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 25 jan. 2015. Disponível em: <http://www.tribunademinas.com.br/>. Acesso em: 26 jan. 2015.