

# SAÚDE AMBIENTAL E CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE EM COLEÇÃO HÍDRICA DO MÉDIO RIO DOCE (MG)

ENVIRONMENTAL HEALTH AND CONDITIONS FOR BATHING  
IN HYDRIC COLLECTION IN THE MIDDLE DOCE RIVER (MG)

## Marcelo Marcos Magalhães

Departamento de Meio Ambiente  
do Instituto Federal de Educação  
Ciência e Tecnologia da Bahia  
(IFBA) – Seabra (BA), Brasil.

## Vera Lúcia de Miranda Guarda

Departamento de Farmácia da  
Universidade Federal de Ouro Preto  
(UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil.

## Tânia Gonçalves dos Santos

Coordenação de Extensão do  
Centro Universitário do Leste de  
Minas Gerais (Unileste) – Coronel  
Fabriciano (MG), Brasil.

### Endereço para correspondência:

Marcelo Marcos Magalhães – Rua  
Osvaldo Cruz, 186 – Vasco Filho –  
46900-000 – Seabra (BA), Brasil –  
E-mail: tellusmagalhaes@gmail.com

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a saúde ambiental de cinco lagoas: da Prata, do Pau, Vermelha, Silvana e Nova, em uma região do Médio Rio Doce no Estado de Minas Gerais, Brasil. Foram avaliadas a composição e a distribuição de macroinvertebrados bentônicos relacionados com a presença de parâmetros biológicos (grupo coliforme), físicos (temperatura) e químicos (oxigênio dissolvido — OD, condutividade, pH, potencial de redução) em cada uma das lagoas mencionadas. As amostragens de macroinvertebrados foram realizadas entre dezembro de 2007 e janeiro de 2009. Os táxons identificados foram analisados a partir de índices de diversidade Shannon-Wiener ( $H'$ ), uniformidade Pielou ( $e$ ), *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), *Average Score Per Taxon* (ASPT), índice biótico de família (IBF) e análise de componentes principais (ACP). Fatores como a abundância das famílias Thiariidae e Physidae, OD, o potencial de redução, a pluviosidade, a presença de macrófitas aquáticas e a contaminação da água por coliformes foram os parâmetros que mais influenciaram na distribuição e composição da assembleia de macroinvertebrados e nas condições de balneabilidade das lagoas estudadas.

**Palavras-chave:** macroinvertebrados; lagoas; antropização; coliformes; saúde ambiental.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the environmental health of five ponds: Prata, Pau, Vermelha, Silvana and Nova, in a region of the middle Doce River in the state of Minas Gerais, Brazil. The composition and distribution of benthic macroinvertebrates was evaluated and related to the presence of biological (coliform group), physical (temperature) and chemical parameters (dissolved oxygen, conductivity, pH, reduction potential) in each aforementioned pond. The samples of macroinvertebrates were collected from December 2007 to January 2009. The identified taxa were analyzed from Shannon-Wiener ( $H'$ ) diversity index, Pielou's evenness ( $e$ ) Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score per Taxon (ASPT), Family Biotic Index (IBF) and Analysis of Main Components (ACP). Factors like the abundance of Thiariidae and Physidae families, dissolved oxygen, reduction potential, rainfall, presence of macrophytes and water contamination by coliforms were the parameters that most influenced the distribution and composition of macroinvertebrate assembly and the bathing conditions of the ponds studied.

**Keywords:** macroinvertebrates; ponds; anthropization; coliforms; environmental health.

## INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está situada na Região Sudeste do Brasil, compreendendo uma área de drenagem de cerca de 83.400 km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais, e o restante, ao Estado do Espírito Santo. O Rio Doce, com uma extensão de 853 km, tem como formadores os Rios Piranga e Carmo, cujas nascentes estão situadas nas encostas das Serras da Mantiqueira e Espinhaço, onde as altitudes atingem cerca de 1.200 m (ANA, 2009).

Segundo Tundisi & Saijo (1997), a formação dos lagos do Vale do Rio Doce ocorreu no Pleistoceno, por meio da barragem da desembocadura dos antigos afluentes do Médio Rio Doce e Piracicaba, além do provável movimento epirogenético positivo após a formação destes lagos, ocasionando diferenças de nível entre leito do rio e lagos.

Desde a década de 1940, o sistema de lagos do Médio Rio Doce teve sua vegetação nativa (Mata Atlântica, que recobria as bacias de 2/3 dos lagos) substituída predominantemente por plantios de *Eucalyptus spp.*, considerada atividade potencialmente geradora de erosão acelerada (MCDONALD & CARMICHAEL, 1996; EPA, 1997; SABARÁ & BARBOSA, 2007). Além disso, o desmatamento crescente para atividades agropecuárias e o uso intensivo dos recursos para recreação e pesca têm contribuído para maximizar os impactos sobre a fauna e flora dos lagos.

Conforme Taniwaki & Smith (2011), a Lei nº 9433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dá subsídios para o uso de bioindicadores como ferramenta de avaliação, considerando que a integridade humana e o equilíbrio ambiental não devem ser comprometidos pela degradação dos corpos hídricos, legitimando a importância do estudo das comunidades biológicas para a manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos. Estando a situação de um cor-

po d'água estreitamente relacionada às atividades humanas realizadas à sua volta, o primeiro passo para a compreensão de como as comunidades de organismos como os macroinvertebrados bentônicos estão reagindo à alteração da qualidade de água é identificar quais variáveis físicas, químicas e biológicas estão afetando essas espécies (TATE & HEINY, 1995). Macroinvertebrados bentônicos são vistos como indicadores biológicos ideais na avaliação da saúde dos corpos d'água, pelo fato de serem abundantes em muitos dos ecossistemas de água doce, terem longa vida em comparação com as algas e possuírem tolerâncias variáveis a perturbações (SINGH & SHARMA, 2014).

As coleções hídricas do Médio Rio Doce sofrem intervenção crescente da ação do homem, devido ao crescimento urbano associado às práticas exploratórias de monoculturas, pecuária e extrativismo sem medidas de controle ambiental e sanitário. Para Davis & Simon (1995), estimar a saúde e integridade do ecossistema pode ser a melhor forma de determinar o efeito total de todos os fatores no ambiente aquático.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a saúde ambiental de cinco lagoas. As Lagoas Nova, Silvana e Vermelha estão situadas dentro dos limites do município de Caratinga, na margem direita do Rio Doce, e as Lagoas do Pau e da Prata, à esquerda do Rio Doce, pertencente ao município de Santana do Paraíso (Figura 1). Mais especificamente, realizou-se a pesquisa da composição e distribuição de macroinvertebrados bentônicos diante da contaminação por coliformes termotolerantes, variáveis físicas e químicas nas cinco lagoas. Índices de diversidade e riqueza de espécies foram utilizados para a caracterização da qualidade da água e uma análise de componentes principais (ACP) foi feita para verificar quais grupos de macroinvertebrados mais contribuíram para a caracterização dos *habitats* estudados, bem como os fatores que influenciaram na distribuição desses organismos.

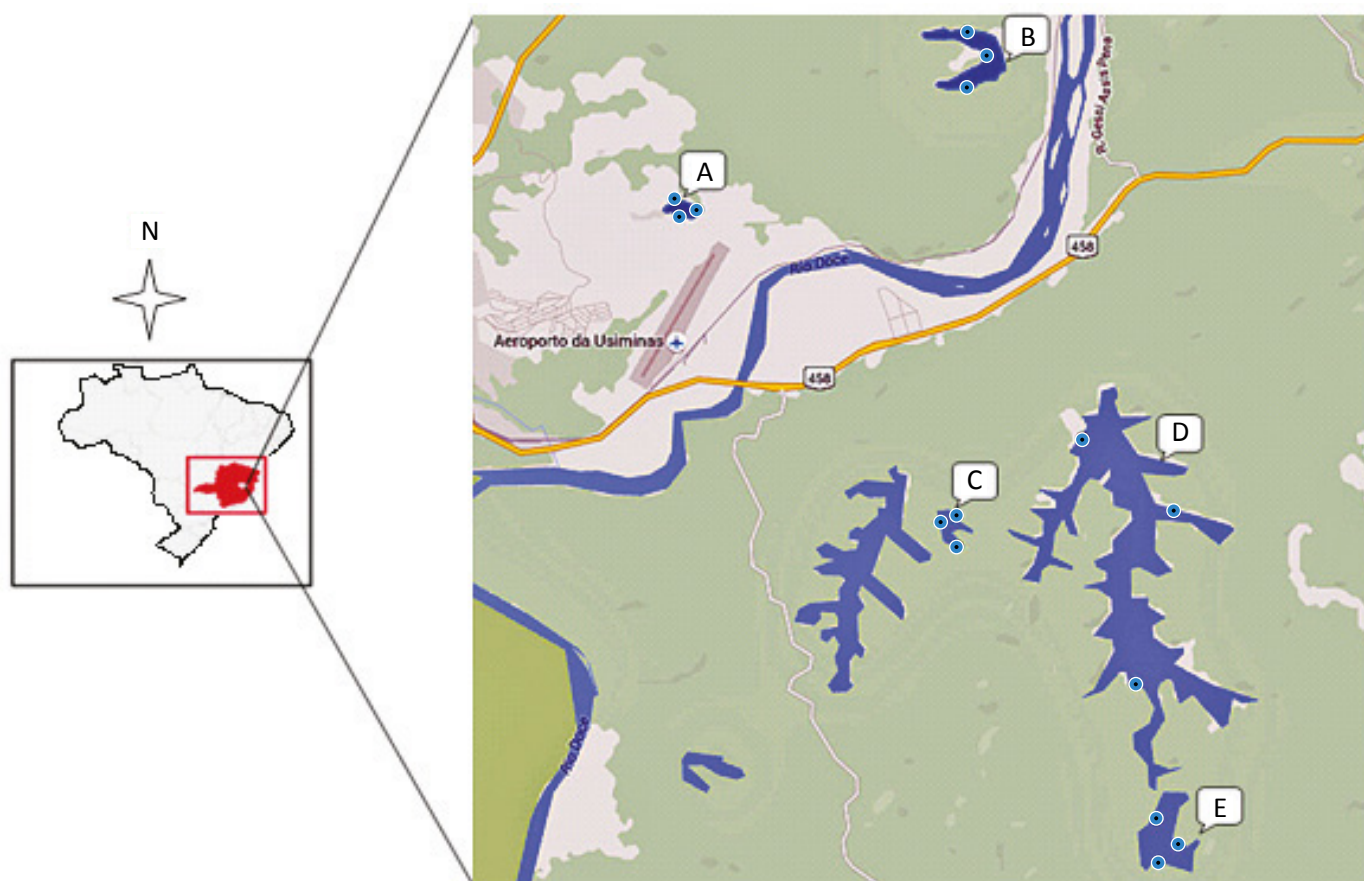
## METODOLOGIA

As coleções hídricas da região do Médio Rio Doce, foco deste estudo, estão situadas entre os paralelos 19°25'53.32 e 19°33'26.90 de latitude sul e os meridianos 42°23'20.21 e 42°39'24.45 de longitude oeste.

Foram realizadas, entre os meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2009, análises microbiológicas, físicas e químicas da água e pesquisa de macroinvertebrados bentônicos. Nesse mesmo período, 32 amostras de águas foram coletadas nas Lagoas Nova, Silvana,

Vermelha, do Pau e da Prata, seguindo as normas NBR 9898 (ABNT, 1987) e *Standard Methods* (APHA, 2005). O número mais provável (NMP) de bactérias do grupo coliforme, incluindo coliformes totais e *Escherichia coli*, foi determinado pela técnica da diluição em tubos múltiplos, na qual volumes decrescentes da amostra (diluições decimais consecutivas) foram inoculados em meio de cultura caldo lactosado (lauril triptose), em série de três tubos. A inoculação foi feita a partir da diluição de 10 mL da amostra em 90 mL de solução salina; em seguida, diluiu-se o volume de 1 mL em 9 mL de caldo lactosado. Esse procedimento foi repetido em mais duas diluições, obtendo, portanto, as diluições de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ . Para cada amostra de água foi preparada uma sequência de três diluições em meio

de cultura e um tubo sem inóculo, o qual serviu como grupo controle. Após a inoculação, as amostras foram incubadas em estufa a 35°C por 24 horas. Em cada tubo verificou-se a produção de gás, que é facilitada com o uso de um tubo de Durham. A turvação do meio e a mudança de cor, com o auxílio do corante púrpura de bromocresol com faixa de viragem do púrpura-amarelo na faixa de pH entre 5,2 e 6,8, foram usadas como teste presuntivo, indicando a presença ou a ausência de coliformes. Os tubos que apresentaram resultados negativos foram novamente incubados a 35°C por mais 24 horas. Dos tubos positivos foram obtidas amostras com o auxílio de alça de platina e semeadas em placas contendo meio de cultura Agar Eosina Azul de Metileno (EMB) e incubados por 24 horas a 35°C, com



Fonte: Google Earth/Maps. Version Digital Globe. CNES/Astrium, 2016.

Pontos A (Lagoa do Pau), B (Lagoa da Prata), C (Lagoa Vermelha), D (Lagoa Silvana) e E (Lagoa Nova). O símbolo ● representa os pontos de amostragem de macroinvertebrados e coleta de água para análises microbiológicas, físicas e químicas.

**Figura 1 - Localização geográfica da coleção hídrica estudada na região do Médio Rio Doce, leste de Minas Gerais, Brasil.**

o propósito de obter respostas de confirmação do teste presuntivo.

Para a verificação da contaminação da água por organismos termotolerantes fez-se a inoculação das amostras positivas no teste de confirmação para coliformes em meio de cultura *E. coli* e incubadas a 44°C por 24 horas. A combinação dos resultados positivos e negativos foi usada na determinação do NMP.

Para as análises físicas e químicas das coleções hídricas utilizaram-se os equipamentos: oxímetro, marca Instrutherm, modelo MO-880, para obter os resultados de medidas de oxigênio dissolvido (OD) em miligramas por litro (mg/L); condutivímetro, marca Instrutherm, modelo CD-850, para quantificar os íons dissolvidos apresentados em microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); potenciômetro, marca WTW, modelo 330i, utilizado para medir o potencial hidrogeniônico (pH) de cada amostra e a temperatura em graus Celsius (°C). A sonda Multiline P4 Universal Meter foi utilizada para mediar o potencial de redução (Eh) dado em milivolts (mV).

A pesquisa de macroinvertebrados bentônicos foi realizada em seis campanhas, durante as estações chuvosa e seca, entre os anos de 2007 e 2009. Para tal pesquisa, a coleta de dados foi baseada no método de *hand-net* (MACAN, 1977), que consiste no mergulho e arrasto de peneira de material metálico junto ao fundo, próximo à vegetação aquática (quando presente), coletando, dessa forma, os invertebrados. A peneira possui uma área de 0,10 m<sup>2</sup>, malha de 1 mm. Esta é presa a um cabo para permitir a coleta de amostras de sedimento da margem, sendo de fácil operação manual e boa penetração em sedimentos moles.

Foram selecionados aleatoriamente cinco pontos amostrais distribuídos ao longo da margem das lagoas, com distância de 5 m entre os pontos, repetindo o procedimento na margem oposta de cada lagoa. Em cada ponto foram coletadas duas amostras divididas em dois microhabitats: sedimento a partir de 1,5 m de profundidade e área superficial margi-

nal com ou sem macrófitas, sendo 5 subamostras em cada microhabitat. No total, 100 amostras foram coletadas nas 5 lagoas.

Os organismos coletados foram levados para o laboratório, em frascos contendo álcool 70%, para identificação. O sedimento de cada amostra devidamente identificado foi lavado em peneiras com malha de 0,21 mm. Posteriormente, foram triados em cubas de plástico com o auxílio de pinças e pincel. Em seguida, armazenados em recipientes contendo álcool 70%. Na identificação utilizou-se microscópio estereoscópico binocular com aumento total de 40X. Os organismos foram identificados por meio das chaves de identificação (MACAN, 1977; McCafferty, 1983; Borrór & DeLong, 1988; Johnson & Triplehorn, 2004), até o nível taxonômico de família.

Dentre as estratégias de análise utilizadas para diagnosticar a saúde ambiental das coleções hídricas, foram obtidos os índices de diversidade Shannon-Wiener (H') e de uniformidade Pielou (e), ACP da correspondência dos organismos estudados a variantes ambientais, *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) conforme proposto por Brigante *et al.* (2003) onde se obtém, por meio da pontuação das famílias de macroinvertebrados bentônicos, uma classificação de qualidade da água, *Average Score Per Taxon* (ASPT), correspondendo à média das pontuações de tolerância de todas as famílias de macroinvertebrados encontrados, e o índice biótico de família (IBF), de acordo com Zimmerman (1993), obtido por intermédio da Equação 1:

$$\text{IBF} = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N} \quad (1)$$

Em que:

$n_i$  = número de indivíduos do grupo taxonômico;

$a_i$  = pontuação da tolerância a poluição do grupo taxonômico;

$N$  = número total de organismos amostrados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da presença de bactérias do gênero coliforme no sistema lacustre, realizada pelo teste dos tubos múltiplos, apontam a Lagoa do Pau como altamente contaminada por *E. coli*, de acordo

com o número mais provável por 100 mL (NMP/100 mL) de 2.400 indivíduos em 3 amostras. Conforme a resolução do CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000), a *E. coli* é abundante em fezes humanas e de animais de sangue

quente, sendo somente encontrada em águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente. A Lagoa Nova foi a única a apresentar amostras com resultados negativos em teste para *E. coli*. No entanto, o NMP/100 mL para coliformes termotolerantes foi positivo em todas as demais lagoas, com maiores valores para as Lagoas do Pau e da Prata.

As Lagoas da Prata, do Pau e Silvana foram as que apresentaram as menores taxas de Eh (Tabela 1), em virtude da boa oxigenação. A Lagoa da Prata é um ambiente pouco frequentado por turistas; além do distanciamento dos centros urbanos, possui mata ciliar em toda a sua extensão e menor assoreamento do corpo hídrico, quando comparada às outras lagoas estudadas. Os resultados de Eh e OD mostram um ambiente com boa oxigenação, no entanto, apresentou-se contaminada por coliformes totais e *E. coli*. Nesse mesmo ambiente foi observada uma

residência com moradores e dejetos fecais em trilhas próximas à margem. Conforme a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2003), o NMP de *E. coli* abaixo de 32 indivíduos/100 mL não representa risco a saúde humana.

A Lagoa do Pau apresentou elevada contaminação por coliformes totais e *E. coli*. Apesar de sofrer maior intervenção antrópica, por estar localizada próximo ao centro urbano, é alimentada por um afluente perene, garantindo, assim, melhor oxigenação.

Na Lagoa Silvana funciona uma instalação de um clube náutico, sendo, portanto, muito frequentada por turistas e pescadores associados e clandestinos. Essa lagoa apresentou valores elevados para *E. coli*; no entanto, a área e o perímetro maiores, devido às ramificações em relação às demais lagoas, além da abundância de macrófitas aquáticas em algumas áreas, justificam uma melhor oxigenação desse corpo hídrico (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1 - Análise física, química e microbiológica (obtido através da média do número mais provável por 100 mL, dos testes presuntivos e confirmativos para coliformes totais e *Escherichia coli* “coliforme termotolerante”), das Lagoas Nova, Silvana, Vermelha, do Pau e da Prata.**

Lagoas	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Condutividade $\mu\text{S/cm}$ (25 $^{\circ}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	Eh (mV)	Coliformes totais (NMP/100 mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)
Nova	6,97	68	24,5	7,10	12	306,83	<3,0
Silvana	7,86	69	25,6	6,92	3	167	135,66
Vermelha	5,74	40	24,7	7,07	13	427,66	6,18
Pau	8,92	52	24,0	7,12	2	1631	1446,32
Prata	7,91	42	24,4	6,89	3	1610,66	64,28

NPM: número mais provável por 100 mL.

**Tabela 2 - Área e perímetro das lagoas calculados utilizando o software GE Path 1.4.5., riqueza de espécies, índice de diversidade de Shannon-Wiener e índice de uniformidade de Pielou respectivo a cada lagoa.**

Lagoas	Área (m $^2$ )	Perímetro (m)	Riqueza	(H')	(e)
Pau	104.878	1.663	127	1,72	0,82
Prata	544.908	6.452	565	1,54	0,56
Vermelha	151.884	2.375	633	1,31	0,47
Silvana	4.031.722	30.294	700	1,42	0,50
Nova	640.937	4.733	457	1,01	0,38

H': índice de diversidade de Shannon-Wiener; e: índice de uniformidade de Pielou.

As Lagoas Nova e Vermelha apresentaram valores baixos para OD e elevados para Eh. Esses valores se justificam por reduzida área superficial e nenhuma ramificação, ausência de mata ciliar em pelo menos uma das margens e presença constante de turistas e pescadores (Tabelas 1 e 2). Ainda que as duas lagoas tenham apresentado valores baixos para contaminação por *E. coli*, foi constatada a contaminação por coliformes totais em ambas. A Lagoa Vermelha, que não possui nenhuma infraestrutura para pesca e turismo, apresentou os menores valores para condutividade, enquanto as Lagoas Silvana e Nova apresentaram valores elevados para condutividade, por conterem infraestrutura como barcos e área de *camping*. Para Rocha & Pereira (2016), a condutividade está relacionada com a presença de sais na água, indicando, indiretamente, uma medida da concentração de poluentes.

Na amostragem de zoobentos foram coletados 2.482 indivíduos de macroinvertebrados bentônicos nas 5 lagoas estudadas. A Lagoa do Pau, embora tenha apresentado a menor riqueza de espécies, foi a que apresentou maior diversidade de Shannon-Wiener e uma distribuição mais equitativa em relação às outras lagoas (Tabela 2). Esse resultado está relacionado ao fato de a Lagoa do Pau apresentar boa oxigenação da água, favorecendo a colonização de *habitats*, somado ao fato de haver menor abundância das famílias Physidae e Thiaridae em relação às demais (Tabela 3). De acordo com Ramos (2008) e Heller *et al.* (2014), os thiarídeos utilizam o mesmo tipo de alimento que diversas espécies de moluscos nativos, sendo, portanto, potenciais competidores que, devido ao elevado potencial reprodutivo, poderão excluí-las competitivamente, como está acontecendo na Lagoa Vermelha em relação à família Physidae.

A Lagoa Nova, em períodos de cheia, drena para a Lagoa Silvana; a característica redutora da água da Lagoa Nova e o sentido do fluxo das águas parecem influenciar na menor dispersão da família Thiaridae para a Lagoa Nova, diminuindo a supressão sobre a família Physidae. No entanto, a baixa diversidade da Lagoa Nova está relacionada à baixa concentração de oxigênio, promovida pelo elevado potencial redutor da água. Contudo, a atividade antrópica recorrente nessa lagoa é responsável por condutividade elevada e contaminação por coliformes.

A partir dos grupos taxonômicos apresentados na Tabela 3, os valores obtidos para o índice BMWP destacam a Lagoa Vermelha como ambiente de “águas

limpas sem alterações evidentes”; a Lagoa Nova como “ambiente alterado e águas com qualidade duvidosa”; as Lagoas do Pau, da Prata e Silvana como “efeitos moderados de poluição e águas com qualidade aceitável” (Tabela 4). Essa análise segue a proposta de Brigante *et al.* (2003), em que o significado dos valores do índice BMWP varia conforme as classes de qualidade da água, de valores menores que 15, para águas “fortemente contaminadas”, até valores acima de 101, indicando águas “muito limpas sem contaminação ou alteração evidente”. A caracterização da Lagoa Vermelha como ambiente de águas muito limpas pelo índice BMWP e a elevada riqueza de espécies vão de encontro aos resultados das análises químicas como OD e Eh, que denotam um ambiente redutor com baixa concentração de OD. Alguns táxons de macroinvertebrados, como Glossomatidae, Hydrobiosidae e Leptoceridae, da ordem Trichoptera, e Leptophlebiidae, da ordem Ephemeroptera, foram os maiores responsáveis pela caracterização do ambiente como limpo, pois essas ordens são distinguidas por organismos sensíveis a perturbações ambientais com necessidade de elevada concentração de OD na água (RIGHI-CAVALLARO; SPIES; SIEGLOCH, 2016). Entretanto, Whitfield (2001) e Pereira & De Luca (2003) afirmam que a amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente um estado momentâneo de uma situação que pode ser altamente dinâmica. Outras informações que corroboram o resultado do índice BMWP para a Lagoa Vermelha são a riqueza e a diversidade de espécies com valores próximos aos da Lagoa Silvana, que possui uma área cerca de 26 vezes maior.

Segundo Armitage *et al.* (1983), o ASPT representa a pontuação média de tolerância de todos as taxas dentro da comunidade, sendo calculado pela divisão do BMWP pelo número de taxa registrado na amostra. De acordo com Silva *et al.* (2011), o índice ASPT funciona como uma medida de correção ao índice BMWP, apresentando resultados mais realistas. Um valor alto de ASPT usualmente caracteriza o lugar como “limpo contendo um número relativamente alto de táxons registrados”. Locais que não suportam alto número de taxa geralmente apresentam baixos valores de ASPT. Os valores BMWP-ASPT obtidos (Tabela 4) apontam para uma “qualidade duvidosa ou questionável da água e poluição moderada” da Lagoa do Pau, e as demais lagoas foram classificadas como “ligeiramente poluídas”.

**Tabela 3 - Composição taxonômica de macroinvertebrados distribuídos nas cinco lagoas estudadas na região do Médio Rio Doce (MG). Indivíduos agrupados por família.**

Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Ordem	Família	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Mollusca	<i>Ampullaridae</i>	–	–	0,15	0,366	0,25	0,433	0,307	0,1	–	–
	<i>Ancylidae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	0,35	0,587	–	–
	<i>Lymnaeidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	2,3	4,348
	<i>Bithyniidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	2,95	12,85
	<i>Thiaridae</i>	4,3	3,826	15,7	16,26	20,45	16,80	2,5	3,086	14,05	19,19
	<i>Unionidae</i>	–	–	–	–	0,25	0,622	0,1	0,307	0,05	0,217
	<i>Physidae</i>	16	38,01	11,3	18,05	0,05	0,217	2	1,946	3,9	10,71
	<i>Planorbidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,447	0,25	0,536
Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	0,1	0,447	–	–	–	–	–	–	–	–
Odonata	<i>Aeshinidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,307	0,55	1,023
	<i>Lestidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	0,05	0,223	–	–
	<i>Macroimidade</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Libellulidae</i>	–	–	0,1	0,307	0,15	0,357	0,05	0,223	0,05	0,217
	<i>Gomphidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,05	0,223	0,15	0,357
	<i>Coenagrionidae</i>	–	–	–	–	0,1	0,3	0,1	0,307	–	–
Trichoptera	<i>Glossomatidae</i>	–	–	–	–	0,45	1,071	–	–	–	–
	<i>Hydrobiosidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Hydropsychidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,307	–	–
	<i>Leptoceridae</i>	–	–	–	–	0,6	1,019	–	–	–	–
	<i>Polycentropodidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,447	0,05	0,217
Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	0,15	0,476	–	–
	<i>Chaoboridae</i>	0,4	0,598	–	–	–	–	–	–	0,05	0,217
	<i>Chironomidae</i>	0,1	0,307	0,15	0,366	2,6	3,039	0,5	2,013	3	6,196
	<i>Culicidae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–
	<i>Simuliidae</i>	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–	–	–

Continua...

Tabela 3 - Continuação.

Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Ordem	Família	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	0,1	0,307	0,3	0,978	–	–	–	–	–	–
	<i>Leptophlebiidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Caenidae</i>	–	–	0,5	1,277	–	–	0,2	0,523	0,25	0,433
Heteroptera	<i>Belostomatidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	0,3
	<i>Corixidae</i>	0,3	1,128	–	–	0,2	0,509	–	–	–	–
	<i>Naucoridae</i>	–	–	–	–	0,15	0,357	–	–	–	–
	<i>Notonectidae</i>	0,75	2,149	0,8	2,238	0,1	0,3	–	–	0,1	0,435
	<i>Gerridae</i>	0,1	0,307	–	–	–	–	–	–	0,4	1,529
Crustacea	<i>Palaeomonidae</i>	0,6	1,142	3,5	12,86	–	–	–	–	–	–
	<i>Candoniidae</i>	–	–	2,15	9,615	–	–	–	–	–	–
	<i>Gammaridae</i>	–	–	–	–	5,05	11,15	–	–	–	–
Ostracoda	<i>Cyprididae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Darwinulidae</i>	–	–	–	–	0,8	1,860	–	–	–	–
Neuroptera	<i>Hemerobiidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
Aranae	<i>Pisauridae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	0,05	0,217
	<i>Hydracarinae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–

M = média; DP = desvio padrão.

Tabela 4 - Pontuação relativa às famílias de macroinvertebrados bentônicos para o índice IBF, valores de tolerância por espécime para BMWP e índice ASPT para as cinco lagoas estudadas.

Lagoas	BMWP	BMWP-ASPT	IBF
Pau	81	5,78	7,59
Prata	78	4,58	7,19
Vermelha	103	4,68	6,81
Silvana	65	4,64	7,18
Nova	50	4,16	7,68

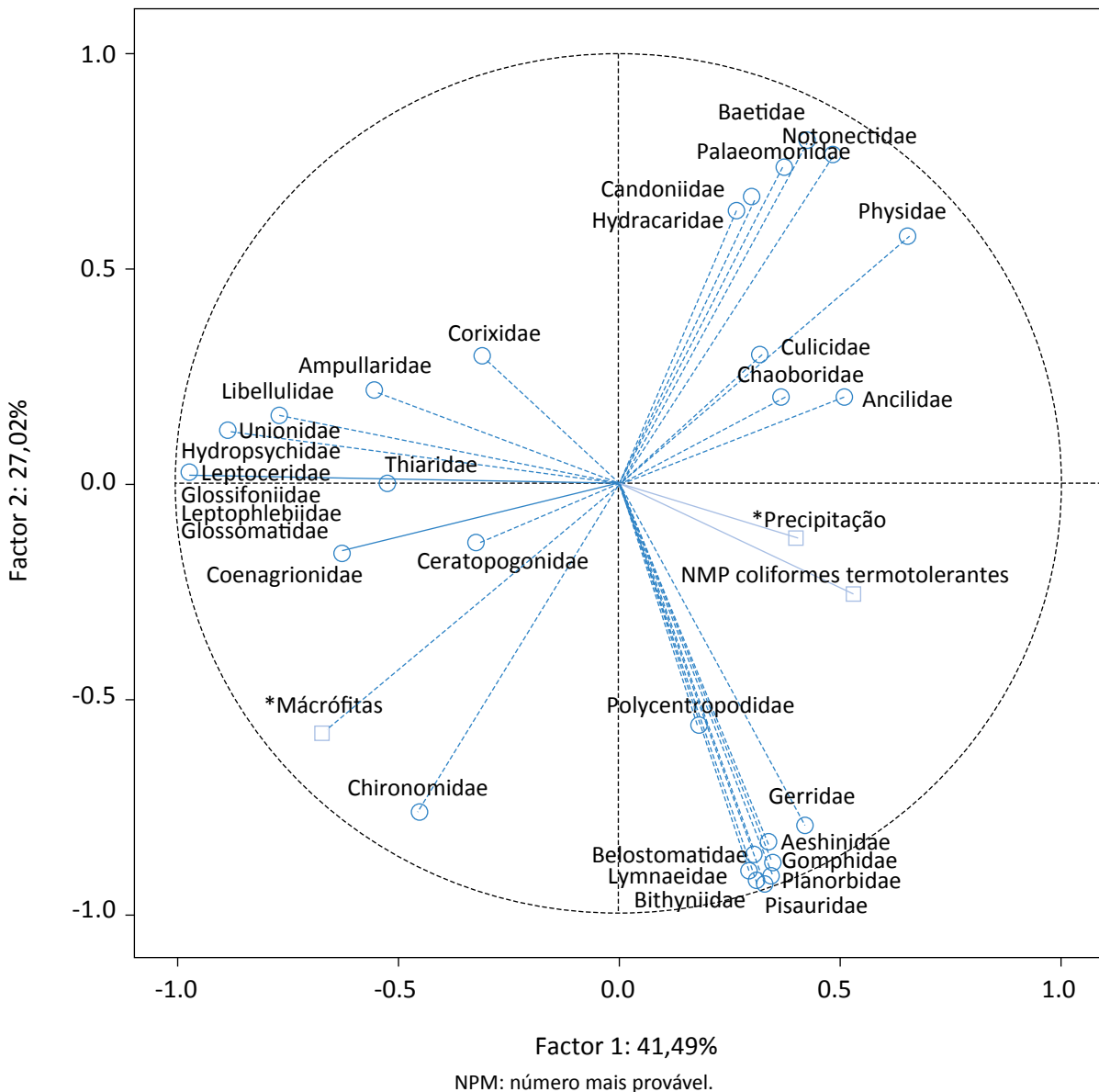
BMWP: Biological Monitoring Working Party; ASPT: Average Score Per Taxon; IBF: índice biótico de família.



A qualidade da água, com base no IBF, adaptado de Zimmerman (1993), citado por Silva *et al.* (2011), define como “água de excelente qualidade, sem poluição orgânica aparente” valores que variam de 0,00 a 3,50; “água com qualidade razoável, poluição moderada” valores de 3,51 a 6,50; “água com qualidade moderadamente pobre” valores de 6,51 a 8,50; e “muito pobre com poluição orgânica severa” valores de 8,51 a 10,00 (Tabela 4). Todas as lagoas estudadas foram consideradas como ambientes com qualidade de água moderadamente

pobres, com destaque para a Lagoa Nova, por apresentar o maior valor e ser o único ambiente em que foram encontrados indivíduos do táxon Oligochaeta. Este grupo é uma importante classe de macroinvertebrados, por serem comumente encontrados em ambientes organicamente poluídos, sendo, por isso, considerados bons indicadores ambientais (KAMADA; LUCA; LUCA, 2012).

Na ACP (Figura 2), as variáveis complementares que interferiram significativamente na distribuição dos



**Figura 2 - Distribuição da nuvem de variáveis: macroinvertebrados bentônicos, macrófitas aquáticas, coliformes fecais termotolerantes e precipitação, no círculo de correlações.**

macroinvertebrados bentônicos foram a contaminação por coliformes termotolerantes, a presença de macrófitas aquáticas e a precipitação total mensal referentes ao período de 2007 a 2009, dados obtidos do Sistema de Controle Climatológico, da COPASA MG no município de Ipatinga. O percentual de variância explicada pelos dois fatores, 1 e 2, da ACP é de 68,51% e as variáveis que melhor representam a distribuição dos organismos mais sensíveis à poluição compõem o Fator 1, formando a componente representada pelas famílias: Glossosomatidae, Hydropsychidae e Leptoceridae da ordem Trichoptera, Leptophlebiidae da ordem Ephemeroptera, Macromiidae, Hemerobiidae,

Naucoridae, Unionoidea, Cyprididae, Darwinulidae e Gammaridae. A distribuição desses grupos é influenciada pela variável complementar (presença de macrófitas), responsável pelo incremento de oxigênio na água, sendo a Lagoa Vermelha a que mais contribuiu para a distribuição desses organismos (Figura 3). As ordens Ephemeroptera e Trichoptera são particularmente importantes indicadoras de qualidade da água. Devido ao fato de essas ordens serem particularmente sensíveis à poluição, possuem alta sensibilidade às alterações nas estruturas físicas e na qualidade da água, são amplamente utilizadas em programas de biomonitoramento (SPIES, 2009; SHIMANO *et al.*, 2010).

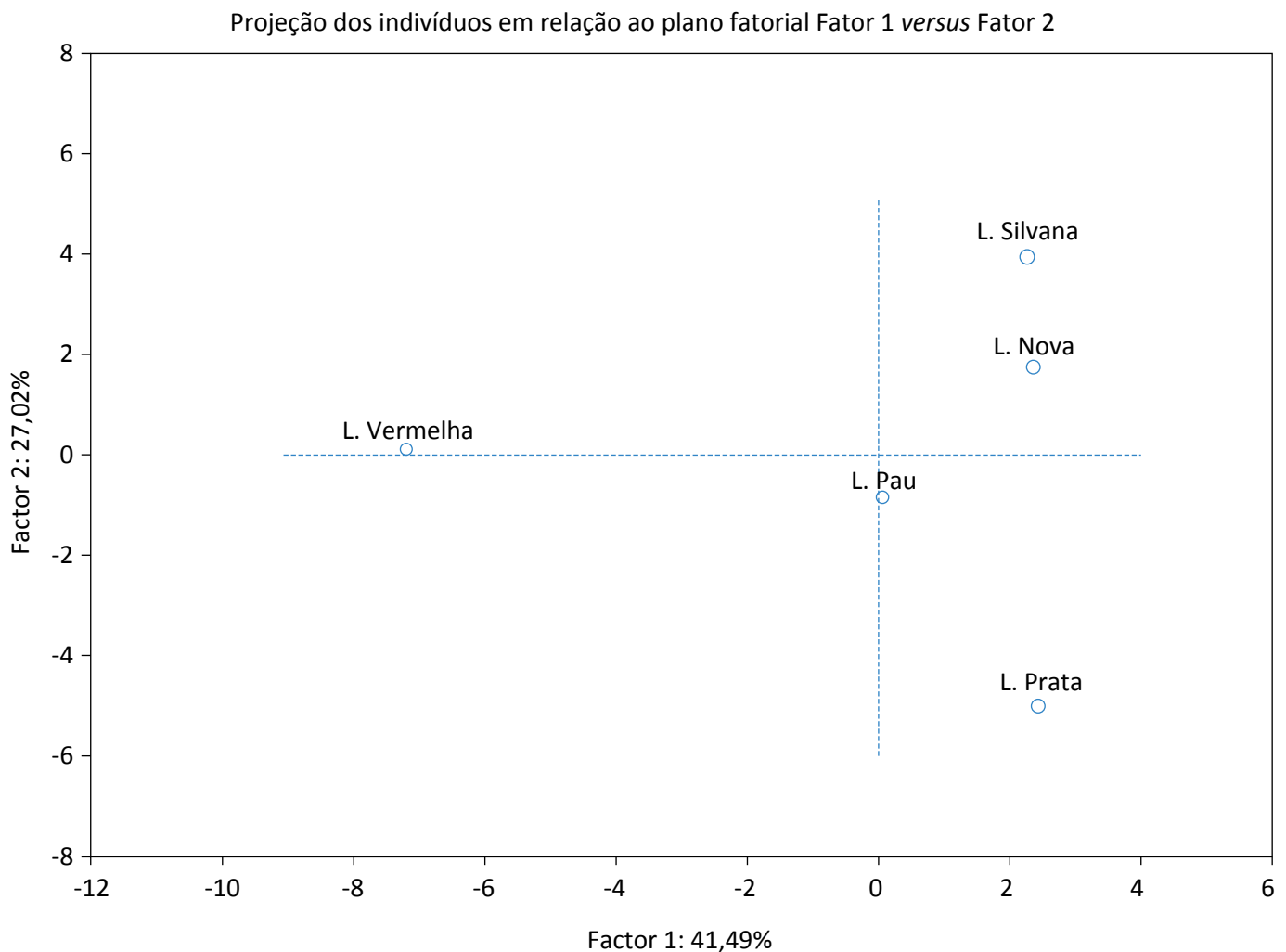


Figura 3 - Distribuição da nuvem de pontos referente à área de ocorrência dos organismos nas respectivas lagoas.

As Lagoas Silvana, Nova e da Prata foram as que mais contribuíram para explicar o Fator 2, influenciado pela variável complementar (NMP de coliformes termotolerantes). Além disso, como visto na Tabela 2, essas lagoas são as que possuem maior área superficial, característica que parece estar diretamente relacionada à influência da variável complementar (precipitação), explicando o Fator 2 da ACP. A componente formada a partir do Fator 2 está relacionada à distribuição dos organismos mais tolerantes (Figura 3), representados pelos táxons: Ancyliidae, Culicidae, Notonectidae, Gerridae, Palaemonidae, Planorbidae, Candoniidae, Hydracarinae, Baetidae, Belostomatidae, Lymnaei-

dae, Psauridae, Bithyniidae, Aeshinidae e Chironomidae (Figura 2). Desses grupos, a família Chironomidae demonstra grande influência na caracterização desse fator. De acordo com Moraes *et al.* (2010), as comunidades de Chironomídeos podem ser usadas em estudos de avaliação de ambientes aquáticos em programas de biomonitoramento, devido à capacidade adaptativa desses organismos em ambientes pobres em oxigênio. Portanto, a presença de indivíduos da família Chironomidae em todas as lagoas corrobora o indicativo de impacto, sobretudo nas Lagoas Vermelha e da Prata, dada a sua abundância em relação à maioria dos macroinvertebrados.

## CONCLUSÃO

Conforme resultados obtidos, nota-se que as lagoas da coleção hídrica estudada apresentam-se fortemente impactadas em circunstâncias que as diferem em relação à origem do impacto. Dos resultados obtidos a partir dos três índices testados, BMWP, ASPT e IBF, todas as lagoas apresentaram algum tipo de impacto.

A Lagoa Nova, mesmo apresentando resultado negativo para *E. coli*, está contaminada por coliformes totais e apresentou elevado índice no potencial de redução, baixa diversidade e evidência de alta taxa de contaminação por poluição orgânica. Associando os resultados obtidos pelos índices BMWP, ASPT e IBF às qualidades físicas e químicas e à presença das famílias Chironomidae e Oligochaeta, a Lagoa Nova pode ser caracterizada como ambiente ameaçado.

Na Lagoa Silvana detectaram-se evidência de contaminação por coliformes e impactos moderados; contudo, os níveis de contaminação são minimizados pela autodepuração, devido ao grande volume d'água e à extensa área dessa lagoa, proporcionando, também, maior diluição de agentes contaminantes.

A Lagoa Vermelha se destaca por baixa taxa de OD, contaminação por *E. coli* e elevado potencial de redução, devido a alta taxa de contaminação por sedimentos oriundos das margens. Contudo, a disponibilidade de *habitat* e recursos, demonstrada pela elevada abundância e diversidade de organismos e pela baixa

condutividade, reflete um menor incremento de esgoto, reduzindo a vulnerabilidade ambiental desse corpo hídrico.

A Lagoa da Prata foi o ambiente de maior abundância de indivíduos da família Planorbidae, o que torna esse fato preocupante quanto ao risco de disseminação da esquistossomose, uma grave doença parasitária causada por vermes trematódeos que têm como hospedeiro intermediário os moluscos dessa família, que podem ser infectados por larvas advindas de ovos expelidos nas fezes humanas. Salientando que a contaminação por coliformes termotolerantes como *E. coli*, oriundos de fezes humanas, foi positiva para essa lagoa.

Embora a Lagoa do Pau tenha apresentado alta diversidade e elevadas taxas de OD, a contaminação por coliformes termotolerantes, a qualidade questionável da água e a presença de Planorbídeos, associado à ausência de vegetação ripária, indicam alta vulnerabilidade desse ambiente, uma vez que, assim como a Lagoa da Prata, a alta taxa de OD e a disponibilidade de recursos alóctone parecem proporcionar uma maior diversidade de habitats.

Portanto, a saúde ambiental das lagoas estudadas e as condições para balneabilidade estão comprometidas e carecem de atenção de políticas públicas voltadas para a conservação e manutenção do equilíbrio ambiental para essa região do Médio Rio Doce.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Água, fatos e tendências*. 2ª ed. Brasília: ANA; CEBDS, 2009. 36p.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods of examination of water and wastewater*. 21ª ed. Washington D.C.: APHA, 2005. 115p.
- ARMITAGE, P. D.; MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, v. 17, n. 3, p. 333-347, 1983.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. *Introdução ao estudo dos insetos*. 1ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1988. 653 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. *Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72 p.
- BRASIL. *Resolução CONAMA nº 274*, de 29 de Novembro de 2000. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 5 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: 02 abr. 2014.
- BRIGANTE, J.; DORNFELD, C.B.; NOVELLI, A.; MORRAYE, M.A. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Eds.). *Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa Editora, 2003. p. 182-187.
- COPASA – COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Diretoria Integrada de Meio Ambiente. Sistema de Proteção de Mananciais. Divisão de Recursos Hídricos. Ipatinga: COPASA, 2008.
- DAVIS, W. S.; SIMON, T. P. *Biological Assessment and Criteria: tools for water resource planning and decision making*. Londres: Lewis Publishers, 1995. 168p.
- EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Techniques for tracking, evaluating, and reporting the implementation of nonpoint source control measures – Forestry. Washington, D.C.: Office of Water, 1997. 60p. (EPA 841- B-97-009).
- GE-PATH 1.4.5. *Windows: freeware*. 2012. Software. Disponível em: <[http://www.sgrillo.net/googleearth/gepath\\_port.html](http://www.sgrillo.net/googleearth/gepath_port.html)>. Acesso em: 15 out. 2012.
- GOOGLE. *Google Earth*. Version Digital Globe. CNES/Astrium. 2016. Nota (Coleção hídrica no médio Rio Doce). Disponível em: <<http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: 01 abr. 2016.
- HELLER, J.; DOLEV, A.; ZOHARY, T.; GAL, G. Invasion dynamics of the snail *Pseudoplusia scabra* in Lake Kinneret. *Biological Invasions*, v. 16, p. 7-12, 2014.
- JOHNSON, N. F.; TRIPLEHORN, C. A. *Borrór and Delong's introduction to the study of insects*. 7th ed. Belmont, CA: Brooks Cole, 2004.
- JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 12, p. 73-87, 2000.
- KAMADA, M. D. L.; LUCA, G. M.; LUCA, J. V. Utilização dos macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água no Córrego Retiro Saudoso, em Ribeirão Preto – SP. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 2, 2012.

MACAN, T. T. *Guia de animais invertebrados de água doce*. Pamplona: Eunsa, 1977. 118 p.

McCAFFERTY, W. P. *Aquatic Entomology: The Fishermen's Guide and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives (Crosscurrents) (Crosscurrents)* by (Paperback - Jan 1, 1983). 1<sup>st</sup> ed. Toronto: Jones and Bartlett Publishers, Inc., 1983. 448 p.

McDONALD, L.H.; CARMICHAEL, C.T. Monitoring the effects of forestry on streams: variable selection and the development of an expert system. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 40, p. 55-73, 1996.

MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral *Chironomidae* (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 4, p. 995-1004, 2010.

PEREIRA, D.; DE LUCA, S. J. Benthic macroinvertebrates and the quality of the hydric resources in Maratá Creek basin (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, p. 57-68, 2003.

RAMOS, R. C. *Estudo da composição taxonômica e da densidade de macroinvertebrados bentônicos no sistema de lagoas naturais do Vale do Médio Rio Doce (MG), com ênfase na espécie de molusco exótica *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

RIGHI-CAVALLARO, K. O.; SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 253-260, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000200028&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000200028&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 176-187, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2016000100176&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000100176&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 abr. 2016.

SABARÁ, M. G.; BARBOSA, F. A. R. Taxas de sedimentação e assoreamento de dois lagos naturais em áreas de floresta tropical secundária e plantios de *Eucalyptus* spp. *Geo.br (Ouro Preto)*, v. 5, p. 1-14, 2007.

SHIMANO, Y.; CABETTE, H. S. R.; SALLES, F. F.; JUEN, L. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 100, n. 4, 2010.

SILVA, F. H.; FÁVERO, S.; SABINO, J.; GARNÉS, S. J. A. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.

SINGH, N.; SHARMA, R. Some Important Attributes Which Regulates The Life Of Macro-Invertebrates: A Review. *International Journal of Recent Scientific Research*, v. 5, n. 2, p. 357-361, 2014.

SPIES, M. R. Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera Kirby, 1813. (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordã. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. *Ciências Biológicas/Biological Sciences. Journal of the Health Sciences Institute*, v. 29, n. 1, p. 7-10, 2011.

TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*, v. 33, n. 3, p. 439-454, 1995.

TUNDISI, J. G. Climate. In: TUNDISI, J. G. & SAIJO, Y. (Eds.). *Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. São Paulo: Brazilian Academy of Sciences, 1997. 513 p.

WHITFIELD, J. Vital signs. *Nature*, v. 411, n. 28, p. 989 -990, 2001.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for safe recreational environments Volume 1, Coastal and Fresh Waters*. Geneva: World Health Organization, 2003.

ZIMMERMAN, M. C. The use of the biotic index as indication of water quality. In: WORKSHOP/CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR BIOLOGY LABORATORY EDUCATION (ABLE), 5., 1993, Pennsylvania. *Proceedings...* Pennsylvania: ABLE. 1993. v. 5. p. 85-98.