

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PETI, MINAS GERAIS**

*ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE RESERVOIR OF THE PETI HYDROELECTRIC  
PLANT, MINAS GERAIS*

**Gabriele Cristina de Lima CÉSAR, Janira Alice KELES, Juni CORDEIRO, Maria  
Auxiliadora LAGE**

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira. E-mails: gabilimacesar@hotmail.com; janiraalice@hotmail.com;  
mauxiliadora.lage@funcesi.br; juni.condeiro@funcesi.br

Introdução  
Parâmetros de qualidade da água  
Materiais e métodos  
Resultados e discussão  
    Indicadores de qualidade  
    Indicadores de balneabilidade  
Considerações finais  
Referências

**RESUMO** - O reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, localizado na sub-bacia do Rio Santa Bárbara, Minas Gerais, foi construído para geração de energia, entretanto, suas águas são utilizadas em diferentes atividades, incluindo a recreação. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água do reservatório, seu índice de eutrofização e indicadores de balneabilidade. Para isso, foram utilizados documentos cedidos pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) referentes aos indicadores de qualidade das águas entre os anos de 2009 e 2018, obtidos em 4 estações de monitoramento. Notou-se que os indicadores de qualidade da água a montante do reservatório apresentaram resultados insatisfatórios, principalmente aqueles relacionados ao fósforo e coliformes termotolerantes. As análises das amostras coletadas na área do reservatório indicaram índice de qualidade da água “bom” e índice de estado trófico “mesotrófico”. Entretanto, quanto à balneabilidade, a presença de traços de óleo e graxa apontam que as águas são impróprias para o contato primário. Dessa forma, ressalta-se a importância da realização de trabalhos de educação ambiental com os usuários de barcos a motores e *jet-ski* para prevenir o derramamento de contaminantes nas águas, assim como a realização de novos estudos para identificação de outras possíveis fontes poluidoras.

**Palavras-chave:** Balneabilidade; Impacto ambiental; Indicadores de qualidade da água; Poluição hídrica; Usos múltiplos da água.

**ABSTRACT** - The Peti Hydroelectric Power Plant (HPP) reservoir, located in the Santa Bárbara River sub basin, Minas Gerais, was built for power generation, however, its waters are used in different activities, including recreation. In this context, this work aimed to evaluate the reservoir water quality, its eutrophication index and balneability indicators. For this purpose, documents provided by Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) referring to water quality indicators between 2009 and 2018, obtained from 4 monitoring stations, were used. From the data obtained it was noted that the water quality indicators upstream of the reservoir showed unsatisfactory results, especially those related to phosphorus and thermotolerant coliforms. The analyzes of the samples collected in the reservoir area indicated “good” water quality index and “mesotrophic” trophic state index. However, as for the balneability, the presence of traces of oil and grease indicate that the waters are unsuitable for primary contact. Thus, it is emphasized the importance of carrying out environmental education work with users of motorboats and jet-ski, to prevent the spillage of contaminants in the water, as well as to carry out new studies to identify other possible polluting sources.

**Keywords:** Balneability; Environmental impact; Water quality indicators; Water pollution; Multiple uses of water.

### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida e desenvolvimento de atividades econômicas e industriais. Apesar de ocupar cerca de 75% da superfície terrestre, apenas 3% refere-se ao volume de água doce disponível no planeta, com principais reservatórios representados pelos rios e lagos, ambientes importantes para a sobrevivência de organismos, animais, plantas e do homem (Tundisi, 2009).

Outra importante reserva de água doce corresponde aos ecossistemas aquáticos artificiais, representados pelos barramentos

(Tundisi, 2009). Essas estruturas são sistemas formados a partir do represamento do rio em uma bacia de drenagem, promovendo a interligação constante e dinâmica entre os biosistemas terrestres e aquáticos, sensíveis aos impactos que ocorrem na bacia hidrográfica (Oliveira, 2012).

Historicamente, os barramentos foram construídos para o controle das cheias, abastecimento público, irrigação, pesca, recreação e geração de energia. Assim, como consequência da utilização da água armazenada para diversas finalidades, tornou-se necessário compreender o processo de integração entre os

usos na bacia de drenagem e a sua influência na conservação ou degradação da qualidade da água (Tundisi & Tundisi, 2008).

Dessa forma, o gerenciamento dos reservatórios utilizados para geração de energia elétrica contribui não somente para a manutenção do potencial hidráulico energético, mas também para o desenvolvimento socioambiental e econômico das comunidades ribeirinhas que os utilizam para realizar atividades de pesca, turismo, recreação ou até mesmo como forma de sustento (Campagnoli & Diniz, 2012).

Neste contexto se insere a Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, localizada na sub-bacia do Rio Santa Bárbara, entre os municípios de Santa Bárbara, Barão de Cocais e São Gonçalo do Rio

Abaixo, no Estado de Minas Gerais. A UHE de Peti foi inaugurada em 1905, com concessão pertencente à Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). O reservatório possui área de 5,81 km<sup>2</sup>, com volume de acumulação de 80,04 km<sup>3</sup> e queda nominal de 78 m, que movimenta duas turbinas, resultando em uma capacidade instalada de 9,4 MW (CEMIG, 2019a).

Uma vez que seu reservatório possui variadas finalidades, este trabalho objetiva avaliar a qualidade da água, buscando verificar o atendimento aos padrões normativos para o seu uso em atividades recreativas de contato primário e seu índice de eutrofização, bem como identificar possíveis fontes de poluição que afetam sua qualidade.

## PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Um corpo hídrico contém uma variedade de componentes provenientes do ambiente ou das atividades antrópicas. De modo geral, essas propriedades são expressas na forma de parâmetros que caracterizam corpos receptores, águas residuárias e águas destinadas ao abastecimento público (von Sperling, 2014a).

Os parâmetros foram desenvolvidos devido à crescente preocupação com o meio ambiente, a sociedade e o desenvolvimento (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2017a), correspondendo a indicadores que fornecem informações sobre a qualidade da água de um corpo hídrico através da quantificação das suas características físicas, químicas e biológicas (Libânio, 2016).

A mensuração dos parâmetros pode ser feita por meio do cálculo do Índice da Qualidade da Água (IQA) que é composto pelos parâmetros oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos (CETESB, 2017a).

Para avaliar o nível de trofia do corpo hídrico utiliza-se o Índice de Estado Trófico (IET). Este indicador é relevante pois níveis elevados de

eutrofização podem causar impactos na dinâmica de funcionamento dos ambientes aquáticos (Andrietti et al., 2016; CETESB, 2017a).

Um outro índice que pode ser utilizado para caracterização da qualidade de um corpo hídrico corresponde à balneabilidade, que representa a qualidade das águas utilizadas para a realização de atividades recreativas, nas quais é necessário o contato direto com o corpo hídrico (CETESB, 2020).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 274/2000, a qualidade das águas doces, salobras e salinas podem ser avaliadas nas categorias próprias e impróprias, por meio da determinação de parâmetros biológicos, como os coliformes termotolerantes (Brasil, 2000).

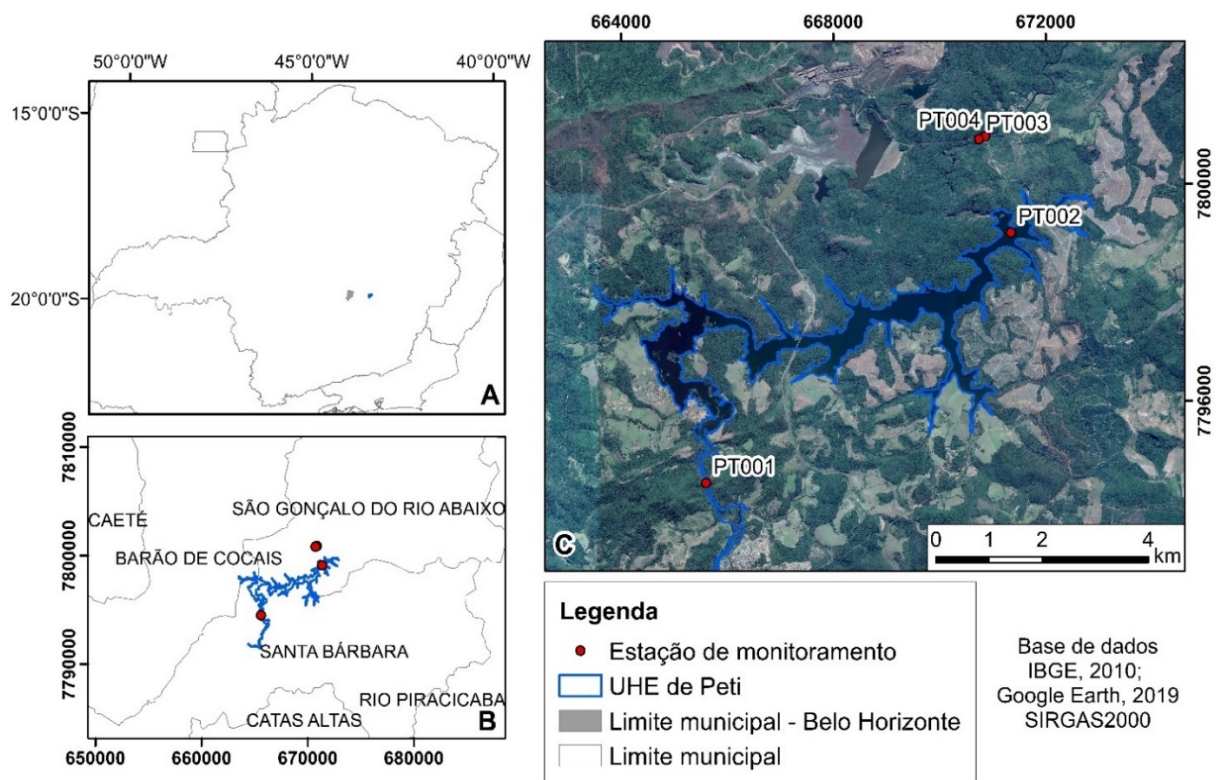
No Estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa (DN) conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH) nº 01/2008 estabelece a classificação e o enquadramento dos corpos d'água (Minas Gerais, 2008), se diferenciando da Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) por estabelecer valores máximos para o parâmetro de qualidade referente aos sólidos suspensos totais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A UHE de Peti (Figura 1) está localizada entre os municípios de Santa Bárbara, Barão de Cocais e São Gonçalo do Rio Abaixo (MG), em um trecho do Rio Santa Bárbara, afluente do Rio Piracicaba (CEMIG, 2019b).

Nesta pesquisa foram analisados os dados obtidos em 4 estações de monitoramento da

qualidade da água localizados no reservatório da UHE de Peti (Figura 1C), sob responsabilidade da CEMIG (Figura 2). Destaca-se que foram analisados os resultados referentes à 182 amostras de água, coletadas no período compreendido entre janeiro de 2009 a dezembro de 2018.



**Figura 1** – Localização do reservatório de Peti (MG). Fonte: Modificado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010); Google Earth (2020).

**Figura 2** - Estações de Monitoramento da UHE de Peti. Fonte: CEMIG, 2019b

Estação	Descrição	Curso d'água	Bacia	Característica	Coordenadas
PT001S	Rio Santa Bárbara, a montante do reservatório	Rio Santa Bárbara	Bacia do Rio Piracicaba	Lótico	19°56'20.49"S - 43°25'4.12"O
PT002S	Reservatório rio Santa Barbara	Rio Santa Bárbara	Bacia do Rio Piracicaba	Lêntico	19°53'48.05"S - 43°21'46.94"O
PT002½ZFX					
PT002F					
PT003S	Rio Santa Bárbara, montante da casa de força (trecho de vazão reduzida - TVR)	Rio Santa Bárbara	Bacia do Rio Piracicaba	Lótico	19°52'51.63"S - 43°22'7.60"O
PT004S	Rio Santa Bárbara, a jusante da casa de força.	Rio Santa Bárbara	Bacia do Rio Piracicaba	Lótico	19°52'50.51"S - 43°22'4.40"O

**Legenda:** S (Superfície); ZF (Zona Fótica); F (Fundo)

Ressalta-se que todos os dados referentes aos parâmetros e ao IQA foram retirados dos relatórios de monitoramento disponibilizados pela CEMIG, exceto as informações referentes ao Índice de Estado Trófico. Assim, fez-se necessário obtê-las através da metodologia de cálculo sugerida pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2020).

Desse modo, a partir dos valores determinados para fósforo e clorofila- $\alpha$  foram calculados seus índices relativos, que possibilitaram, a partir da sua média aritmética, avaliar o IET.

Os dados obtidos foram apresentados em gráficos *boxplot*, construídos utilizando o *software* Minitab, versão 18, os quais

possibilitaram a análise da distribuição dos dados através de valores máximos, mínimos, média, mediana, quartil e desvio-padrão.

Os dados disponibilizados pela CEMIG e aqueles calculados foram analisados e interpretados conforme os limites de tolerância estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000 (Brasil, 2000) e DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 (Minas Gerais, 2008).

Para isso, destaca-se que de acordo com a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 09/1994, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água da Bacia do Rio Piracicaba, os pontos amostrados no reservatório podem ser enquadrados na classe 2 (Minas Gerais, 1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os usos múltiplos dos recursos hídricos e as intervenções realizadas na bacia hidrográfica afetam a qualidade e a disponibilidade de água (Andrietti et al., 2016). Assim, torna-se importante garantir que as águas naturais atendam aos limites fixados por legislação, como a Resolução CONAMA nº 274/2000 e DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, a fim de atestar que estas não oferecem riscos à saúde da população e não comprometem a vida aquática. Nesse sentido, a tabela 1 apresenta os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água referentes às estações de monitoramento consideradas nessa pesquisa.

Dessa forma, por meio da análise da figura 3A, verifica-se que todos os pontos amostrados apresentaram valores médios de pH de acordo com os limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 cuja faixa típica deve variar entre 6 e 9. Algumas amostras isoladas nos pontos PT001S, PT002½ZFX, PT002F e PT004S, apresentaram pH de aproximadamente 5,5. O pior resultado foi observado no ponto PT001S, no qual o valor de pH chegou a 3,34 que corresponde a uma amostra coletada em março de 2017. Por tratar-se de um resultado isolado não é possível atribuir uma possível causa para tal valor.

**Tabela 1** – Valor médio e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água observados na UHE de Peti.

Parâmetros	Pontos de amostragem no reservatório da UHE de Peti											
	PT001S		PT002S		PT002 1/2ZFX		PT002F		PT003S		PT004S	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
pH	6,8	0,74	7,13	0,56	7,06	0,66	6,71	0,62	7,23	0,5	6,84	0,55
Temperatura (°C)	22	3,14	24,42	2,98	24,4	3,24	22,39	2,67	23,3	2,67	22,8	2,42
Sólidos dissolvidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	51,9	23,29	51,65	17,55	43,9	18,14	44,15	17,59	88,4	47,01	50,9	23,87
Sólidos suspensos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	19,3	35,75	10,38	2,27	36,6	146,7	37,97	52,52	16,5	33,3	11,3	4,89
Turbidez (UNT)	*	*	2,96	3,31	4,67	5,67	37,6	58,7	*	*	8,72	12,41
Coliformes termotolerantes (UFC.100 mL <sup>-1</sup> )	1558	1879	2,23	3,92	2	*	*	*	124,4	247,5	306	699
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	3,45	2,49	3	0,37	3,17	2,28	3,35	2,61	3,8	2,85	3,16	2,07
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	5,29	1,99	7,69	1,62	6,71	1,51	3,56	1,58	6,77	0,2	6,07	2,12
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,06	0,06	0,02	0,01	0,03	0,02	0,05	0,08	0,02	0,02	0,03	0,06
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,64	0,31	0,31	0,15	0,32	0,12	0,5	0,23	0,42	0,2	0,56	0,3
<i>Escherichia coli</i> (UFC.100 mL <sup>-1</sup> )	674	405	1	0	*	*	*	*	31,6	34	14,1	4,53
Óleos e graxas (mg.L <sup>-1</sup> )	3,24	3,25	3,42	3,34	*	*	*	*	3,2	3,36	3,34	3,29
IQA	67,9	12,19	89,64	3,97	*	*	*	*	78,5	7,54	79,1	6,29
IET	86,8	2,33	52,82	2,46	*	*	*	*	48,8	6,23	47	9,86

Legenda - \* parâmetro não monitorado.

Contudo, de um modo geral, um pH inferior a 7,0 indica a ocorrência de um processo de acidificação (Derisio, 2017), que, em águas naturais, pode ser associado à presença de gás carbônico, gás sulfídrico e à decomposição da matéria orgânica (Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, 2014). A temperatura de um corpo hídrico pode variar devido a incidência de raios solares, que é influenciada pelo clima e altitude. Esta variação também pode ocorrer por ações antrópicas resultantes do lançamento de efluentes industriais provenientes de resfriamento de máquinas e caldeiras. Em reservatórios, a diferença de temperatura nos pontos amostrados

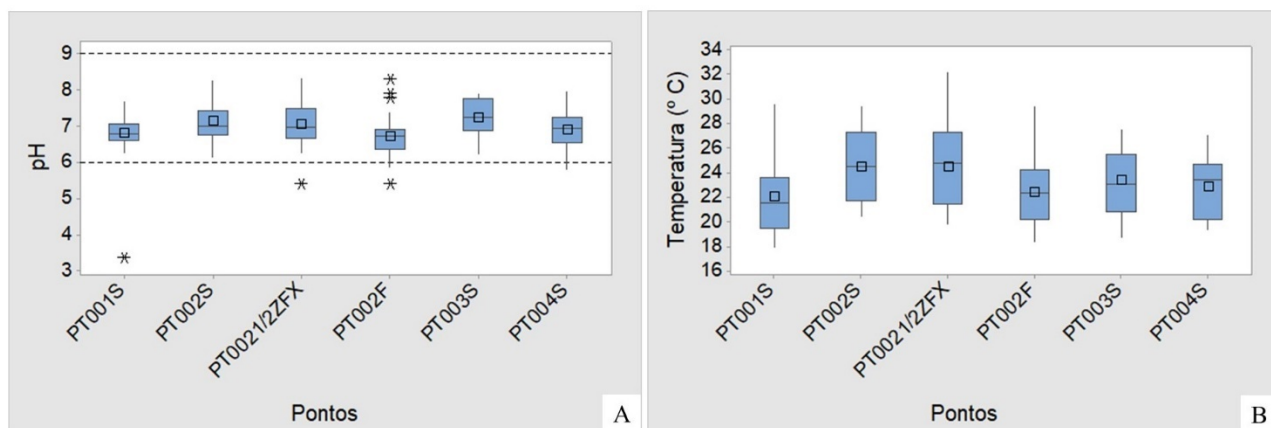
pode indicar estratificação da água (Ferreira & Cunha, 2013).

Apesar da DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 não estabelecer limite máximo para o parâmetro temperatura, sua análise é relevante para a caracterização de corpos d'água, uma vez que a temperatura pode acelerar as reações químicas, físicas e biológicas, diminuir a solubilidade do oxigênio reduzindo as concentrações de OD, além de causar odores em decorrência do aumento da transferência de gases (von Sperling, 2014b).

A figura 3B apresenta a variação de temperatura tanto com relação aos valores

médios, quanto aos valores máximos. No ponto PT002<sup>1/2</sup>ZFX o valor máximo obtido foi de 32,2° C, que corresponde a uma amostragem realizada

em março de 2018. Este fato pode estar relacionado à radiação solar que incidiu sobre a superfície do reservatório.



Legenda: (□) Média; (---) Limite legal; ( \* ) Outlier

**Figura 3** - Parâmetros de qualidade da água monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) pH; (B) temperatura.

Os valores referentes à temperatura nos pontos PT002S, PT002<sup>1/2</sup>ZFX e PT002F demonstram o comportamento de estratificação da água do reservatório. A incidência dos raios solares na superfície das águas resulta em seu aquecimento, ocorrendo, conseqüentemente, a estratificação térmica, processo pelo qual a diferença de temperatura entre a superfície e o fundo dos lagos contribui para que tais camadas apresentem diferentes densidades. Assim, em ambientes lênticos, a camada superior tende a ser quente e menos densa, e a inferior, fria e mais densa (Braga et al., 2005).

Dessa forma, o ponto PT002F, localizado no fundo do reservatório, representa a região do lago que não sofre influência dos raios solares, portanto, tende a manter a temperatura mais baixa, contribuindo para o processo de estratificação.

Quanto ao ponto PT001S, localizado a montante do reservatório e com características lóxicas, a temperatura da água é menos influenciada pela insolação, pois está sempre em movimento, tendendo, assim, à manutenção de temperaturas mais baixas quando comparado às águas represadas.

Os sólidos dissolvidos totais correspondem à todas as impurezas presentes nas águas, ou seja, às partículas de pequenas dimensões que representam a matéria orgânica e aos sais presentes nesta, com exceção dos gases dissolvidos (von Sperling, 2014b).

Nota-se na figura 4A que em todos os pontos as concentrações de sólidos dissolvidos totais permaneceram abaixo do limite máximo

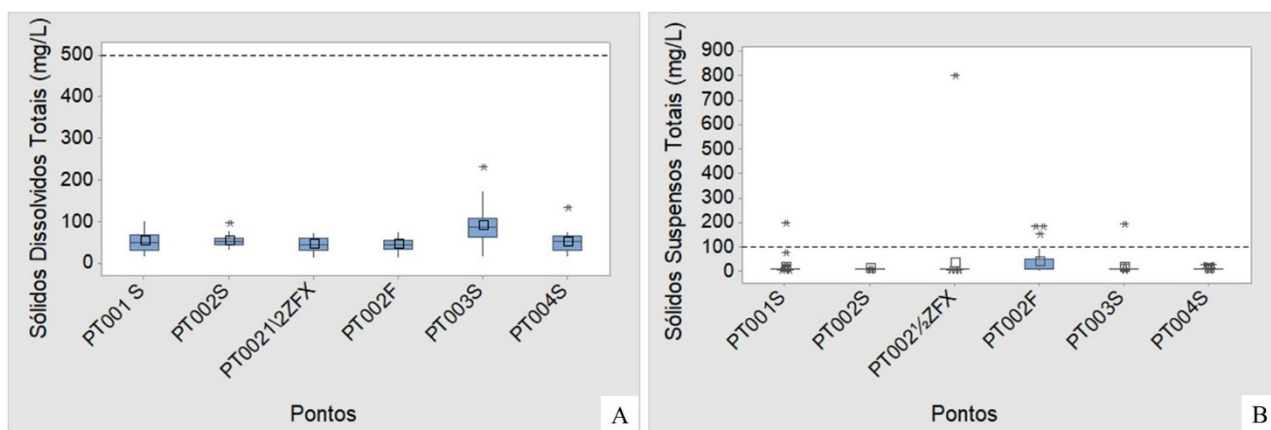
estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces de classe 2, que corresponde a 500 mg.L<sup>-1</sup>. Os valores médios obtidos variaram entre 40 mg.L<sup>-1</sup> e 85 mg.L<sup>-1</sup>, sendo possível destacar que os pontos que obtiveram maiores valores de sólidos dissolvidos estão localizados em ambientes lóxicos.

A DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 estabelece que o limite máximo para sólidos suspensos totais é de 100 mg.L<sup>-1</sup>. A figura 4B indica que a média dos valores determinados para esse parâmetro nos pontos amostrados permaneceu abaixo do nível fixado. Porém, o ponto PT002<sup>1/2</sup>ZFX destacou-se em relação aos demais por apresentar uma amostra, coletada em dezembro de 2016, com valor de 799,00 mg.L<sup>-1</sup>. Este resultado pode estar associado ao carreamento de partículas por ação de chuvas.

Neste sentido, Silva et al. (2019) salientam que os sólidos podem ser originados por meio de processos erosivos, lançamento de despejos de origem doméstica e industrial na água e pelo carreamento de resíduos, devido à ação das chuvas.

Além disso, a presença de partículas em suspensão na água, como argila, silte, areia, detritos orgânicos, algas e bactérias também pode ser associada à turbidez, que corresponde ao grau de interferência que o feixe de luz sofre ao atravessar um corpo hídrico (Agência Nacional de Águas – ANA, 2020).

Semelhantemente ao observado quanto a origem dos sólidos, a erosão causa o desprendimento de partículas do solo, que por meio do escoamento superficial, são carregadas para o corpo hídrico,



Legenda: (□) Média; (----) Limite legal; ( \* ) Outlier

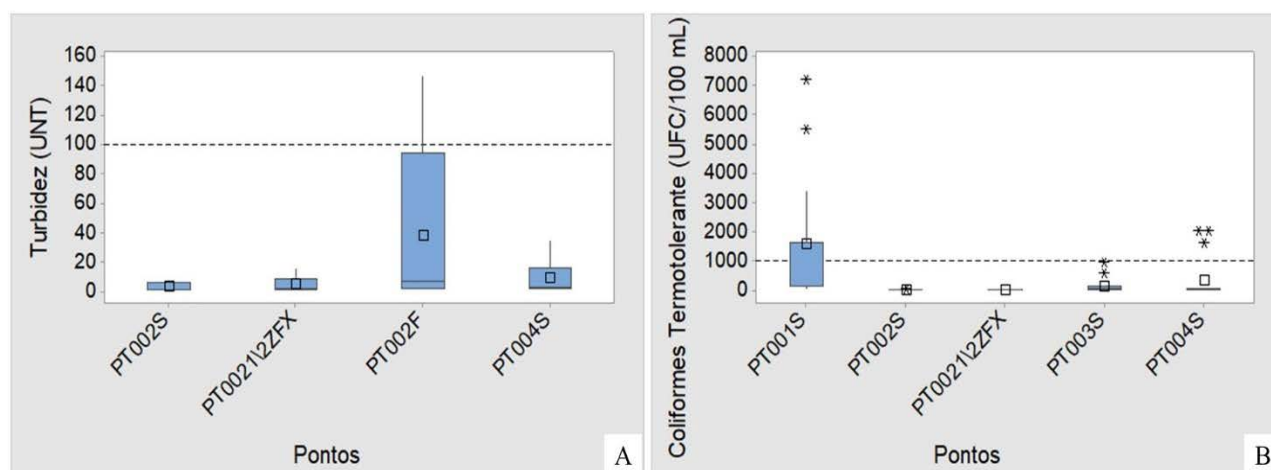
**Figura 4** - Parâmetros monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) sólidos dissolvidos totais; (B) sólidos suspensos totais.

conferindo à água aparência turva (Danelon & Rodrigues, 2013; Vischi Filho et al., 2016).

Assim, com relação à turbidez, verificou-se por meio da figura 5A que os pontos amostrados apresentaram valor médio abaixo do limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, que corresponde a um máximo de 100 UNT. Entretanto, quase 25% das amostras coletadas no ponto PT002F ultrapassaram o limite, atingindo a concentração máxima de 147,1 UNT.

Conforme a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, para todos os usos das águas classe 2 o

limite de tolerância para coliformes termotolerantes é de 1000 UFC.100ml<sup>-1</sup>. Os resultados apresentados na figura 5B indicam que nos pontos PT002S, PT002<sup>1</sup>/<sub>2</sub>ZFX, PT003S e PT004S os valores médios permaneceram abaixo do nível máximo permitido. Por outro lado, notou-se no ponto PT001S um valor médio de 1558 UFC.100ml<sup>-1</sup>. Neste ponto, aproximadamente 50% das amostras mantiveram-se acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, chegando a alcançar o pico de 7200 UFC.100ml<sup>-1</sup>, valor obtido em uma amostra coletada em março de 2017.



Legenda: (□) Média; (----) Limite legal; ( \* ) Outlier

**Figura 5** - Parâmetros monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) turbidez; (B) coliformes termotolerantes.

Os coliformes podem ser encontrados nas fezes humanas e de animais de sangue quente constituindo um importante indicador da presença de microrganismos patogênicos na água, uma vez que ao serem encontrados no corpo hídrico indicam a presença de despejos domésticos (ANA, 2020). Ainda neste sentido, notou-se durante uma visita de campo, realizada no mês de maio de 2019, o despejo de esgoto

diretamente no Rio Santa Bárbara (Figura 6A). Além disso, a montante do ponto de coleta PT001S foram observados resíduos sólidos e espuma sobrenadantes, formação de ilha de eutrofização, afora o aspecto turvo das águas (Figura 6B).

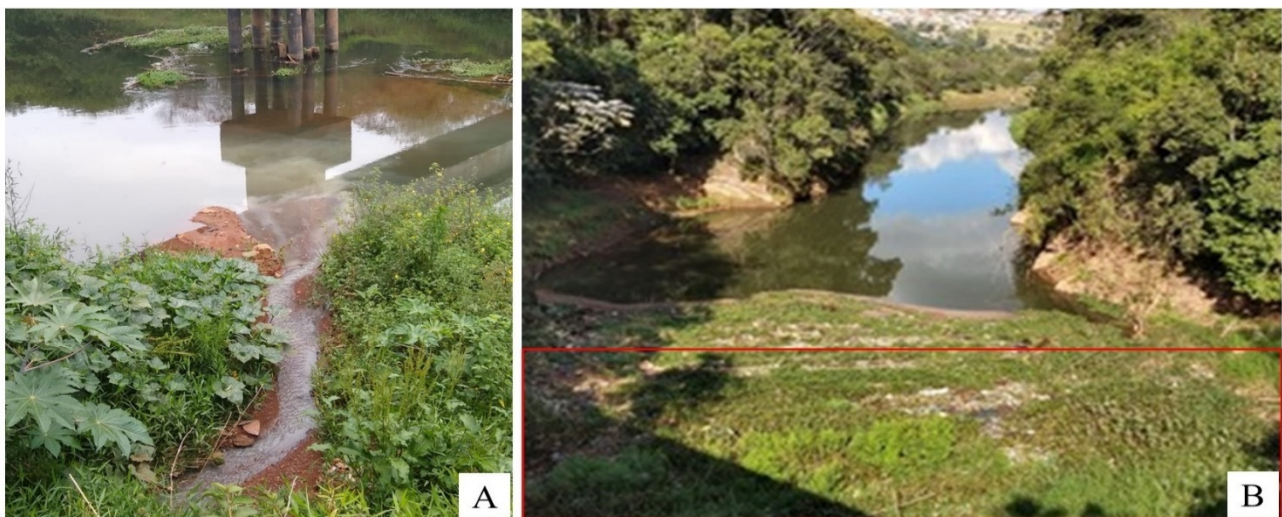
O Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba (CBH-Piracicaba) desenvolveu os Diagnósticos Técnicos Participativos dos

Municípios de Santa Bárbara (CBH-Piracicaba, 2014) e Barão de Cocais (CBH-Piracicaba, 2015). De acordo com estes relatórios tais municípios não possuem tratamento de esgoto, sendo que os esgotamentos sanitários são direcionados para os afluentes do Rio Santa Bárbara, a montante do reservatório de Peti. Esta descarga sanitária equivale ao efluente gerado pela população dos dois municípios, ou seja, aproximadamente 63.782 mil habitantes (IBGE, 2019).

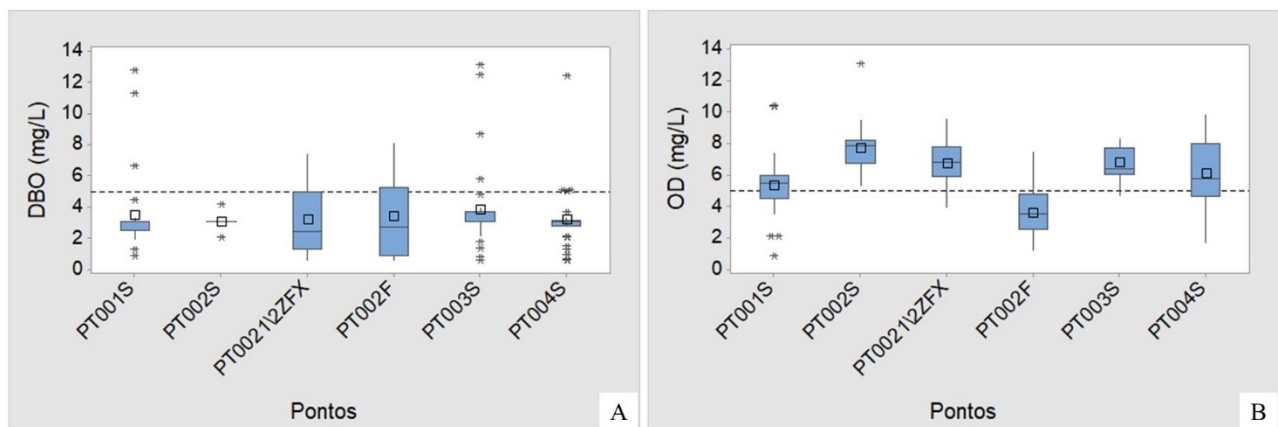
O parâmetro DBO indica a quantidade necessária de oxigênio para que as bactérias

realizem a deterioração da matéria orgânica. A redução da concentração de OD pode ocorrer devido à ação de bactérias aeróbias ou através de perdas para a atmosfera (Libânio, 2016).

Ressalta-se que o limite de tolerância do parâmetro DBO para águas doces classe 2 definido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 é de até  $5 \text{ mg.LO}_2^{-1}$ . Observou-se em todos os pontos amostrados que o valor médio de DBO atende ao limite estabelecido pela legislação, porém, os pontos PT002<sup>1</sup>/<sub>2</sub>ZFX e PT002F obtiveram aproximadamente 25% dos resultados acima de  $5 \text{ mg.LO}_2^{-1}$  (Figura 7A).



**Figura 6** - (A) Montante do ponto de amostragem PT001S; (B) Despejo de efluente no Rio Santa Bárbara - notar na área em vermelho o acúmulo de resíduos sólidos e a formação de ilha de eutrofização sobrenadante.



Legenda: (□) Média; (---) Limite legal; ( \* ) Outlier

**Figura 7** - Parâmetros monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) DBO; (B) OD.

Conforme o §1º do Artigo 10 da DN COPAM/CERH-MG nº 1/2008, os limites de DBO para águas classe 2 e 3 podem ultrapassar o valor estabelecido no Artigo 14, alínea “d”, desde que haja um estudo da capacidade de autodepuração e que os níveis de OD não sejam desobedecidos, ou seja mantenham-se acima de  $5 \text{ mg.LO}_2^{-1}$  em 80% das amostras realizadas ao

longo do ano (Minas Gerais, 2008).

De acordo com os dados representados na figura 7B, o ponto PT002F apresentou mais de 75% dos valores abaixo dos níveis mínimos de oxigênio dissolvido. Dessa forma, além deste ponto apresentar níveis insatisfatórios com relação ao parâmetro DBO, os níveis de OD contrariam a recomendação contida no §1º do

Artigo 10 da DN COPAM/CERH-MG nº 1/2008.

Em reservatórios, a concentração de OD nas camadas mais profundas geralmente é baixa devido a influência da temperatura e da iluminação, podendo causar a proliferação de organismos anaeróbios e geração de odores, em decorrência da liberação de gás sulfídrico (Mota, 2012).

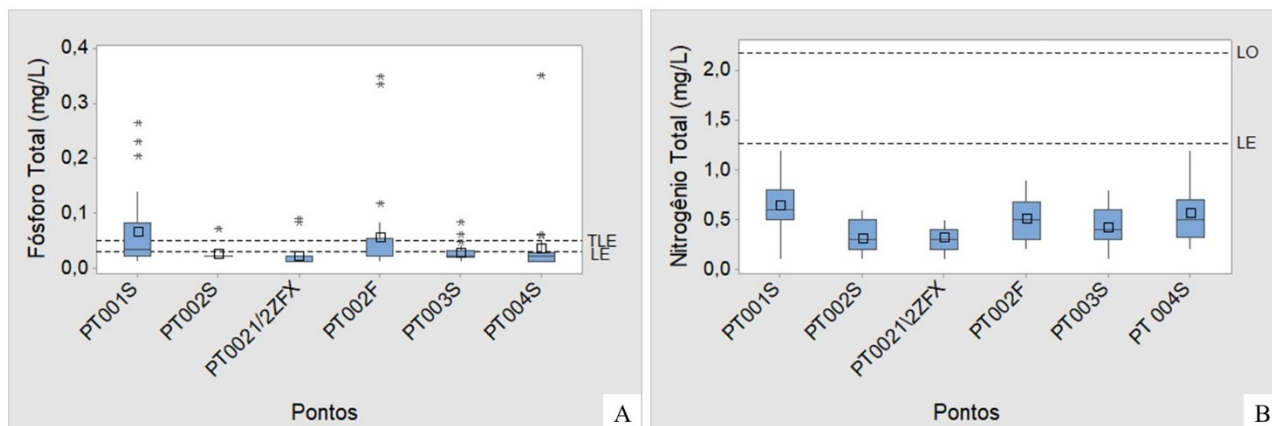
Além disso, a baixa penetração de raios solares no corpo hídrico, devido à sua turbidez, influencia na atividade fotossintética dos organismos, podendo causar a diminuição da concentração de OD (von Sperling, 2014b).

Neste contexto, os valores abaixo do limite estabelecido para o parâmetro OD podem estar relacionados à elevada turbidez que o ponto PT002F apresentou (Figura 5A), ou ao consumo de matéria orgânica, visto que os níveis de DBO neste ponto indicam tal ação.

A Figura 8A apresenta os dados relativos à

concentração de fósforo total. Os valores de referência para este parâmetro, definidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, correspondem a  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$  para ambientes lênticos e  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  para tributários diretos de ambientes lênticos ou intermediários com 2 a 40 dias de residência.

Os pontos PT002S, PT002½ZFX e PT002F, caracterizados como lênticos, apresentaram valor médio inferior ao limite estabelecido pela legislação, ou seja, inferior a  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ . Por sua vez, o ponto PT001S, tributário de ambiente lêntico, obteve o resultado médio da concentração de fósforo de  $0,0632 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando 25% das amostras com valores acima de  $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$ , alcançando o valor máximo de  $0,263 \text{ mg.L}^{-1}$ . Com relação aos pontos PT003S e PT004S, destaca-se que a legislação não estabelece o limite máximo para o fósforo em ambientes lóticos.



Legenda: (□) Média; (----) Limite legal; ( \* ) Outlier; (LE) Ambiente Lêntico; (TLE) Tributário Ambiente Lêntico; (LO) Ambiente Lótico

**Figura 8** - Parâmetros monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) fósforo total; (B) nitrogênio total.

O aporte de fósforo nas águas pode ter origem natural ou antrópica. Dentre as fontes antrópicas pode-se citar as descargas de esgotos domésticos e industriais, excrementos de animais, detergentes e os fertilizantes. Com relação às fontes naturais de compostos fosfatados na água podem ser destacadas a dissolução dos compostos presentes no solo e a degradação da matéria orgânica (von Sperling, 2014b).

Faz-se importante salientar que, para suprir as necessidades nutricionais de plantações de eucalipto, geralmente são utilizados fertilizantes que possuem em sua composição macronutrientes como o nitrogênio, fósforo e o potássio, conhecidos como NPK (Bazani et al., 2014).

Dessa forma, na visita de campo realizada, foi

possível notar que a região no entorno do reservatório é marcada pela monocultura de eucalipto. Uma outra possível fonte de fósforo observada foi o despejo de esgoto no Rio Santa Bárbara, proveniente dos municípios de Barão de Cocais e de Santa Bárbara, conforme destacado na figura 6A.

Em lagos e represas a presença de nitrogênio em altas concentrações pode contribuir para o desenvolvimento de organismos fotossintéticos, como as algas. As principais fontes de nitrogênio são os fertilizantes, efluentes, compostos presentes nas proteínas e na estrutura celular dos microrganismos (von Sperling, 2014b).

Os resultados obtidos referentes ao parâmetro nitrogênio total, representados na figura 8B, indicam que em todos os pontos os valores



médios ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, que corresponde a 1,27 mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lênticos e 2,18mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lóticos.

### Indicadores de Qualidade

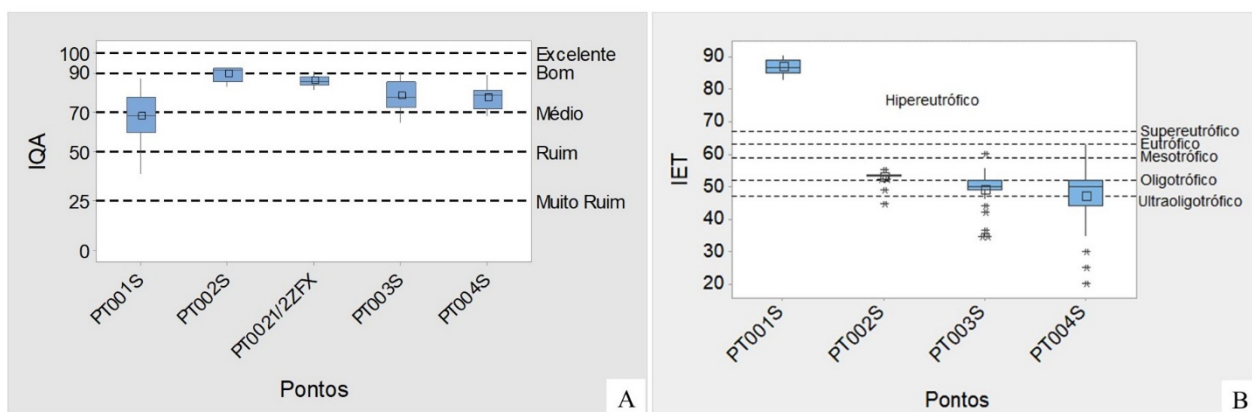
Uma vez que as informações associadas às concentrações de poluentes nos corpos hídricos não possuem significado claro para o público em geral em função da tecnicidade relacionada à interpretação dos resultados, foram criados índices de qualidade visando facilitar a comunicação com o público (von Sperling, 2014a).

O IQA é um indicador importante para a caracterização e avaliação da qualidade do corpo hídrico cujos valores variam entre 0 a 100 em que são atribuídos pesos para cada parâmetro de acordo com a sua importância em relação a

qualidade da água (IGAM, 2020).

Conforme apresentado na figura 9A no ponto PT001S o IQA apresentou um nível de qualidade “médio”. De modo geral este resultado pode estar associado às concentrações observadas de coliformes termotolerantes, que apresenta peso igual a 0,15, e fósforo total, cujo peso é de 0,10 (IGAM, 2020), uma vez que apresentaram valores médios acima dos limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

O ponto PT002S obteve o melhor resultado de IQA sendo classificado como “bom” em transição para “excelente”, enquanto os pontos PT002½ZFX, PT003S e PT004S obtiveram valores de IQA na faixa de nível “bom” (IGAM, 2020), os quais podem ser relacionados às concentrações em conformidade com os limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.



Legenda: (□) Média; (----) Limite legal; (\*) Outlier

**Figura 9** - Indicadores monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) IQA; (B) IET.

O Índice de Estado Trófico estabelece o grau de trofia dos cursos d’água, ou seja, avalia como a presença de nutrientes na água compromete a sua qualidade e contribui para o desenvolvimento de algas e cianobactérias (IGAM, 2020).

Na figura 9B, que representa os valores de IET, destaca-se o ponto PT001S caracterizado pelo pior resultado observado, correspondendo a “hipereutrófico”. Segundo Libânio (2016), os corpos hídricos com esta classificação possuem quantidade expressiva de nutrientes e matéria orgânica, que associados à floração de algas, causam impactos à vida aquática e à população usuária das águas.

O ponto PT002S classificado como “mesotrófico”, indica que o reservatório apresenta concentração moderada de nutrientes, que podem acarretar prejuízos à qualidade da água (Braga et al., 2005).

O ponto PT003S foi categorizado como “oligotrófico”, que corresponde às águas que apresentam baixa concentração de nutrientes e elevada diversidade biológica (Braga et al., 2005). Já o ponto PT004S obteve o melhor resultado dentre os pontos analisados, com valor médio correspondendo à classe de trofia “ultraligotrófico”, indicando corpos d’águas que apresentam concentrações desprezíveis de nutrientes (Libânio, 2016).

### Indicadores de Balneabilidade

A Resolução CONAMA nº 274/2000 estabelece que corpos d’água utilizados para fins recreativos devem atender aos critérios de balneabilidade, sendo que as águas serão consideradas impróprias quando for atendida alguma das seguintes condições: (i) o valor de coliformes termotolerantes obtido na última amostragem for superior a 2500 UFC.100ml<sup>-1</sup> ou

o valor de *Escherichia coli* (*E. coli*) for maior que 2000 UFC.100ml<sup>-1</sup>, ou se identificada concentração de enterococos acima de 400 UFC.100ml<sup>-1</sup>; (ii) ocorrência de doenças de veiculação hídrica na região; (iii) constatação da presença de resíduos, esgotos, óleo, graxa, algas e outros organismos que ofereçam riscos à saúde da população e dos animais; (iv) se o pH for inferior a 6,0 ou superior a 9,0 por influência antrópica; e, (v) se constatados outros fatores que contraindiquem a utilização dos corpos d'água para recreação (Brasil, 2000).

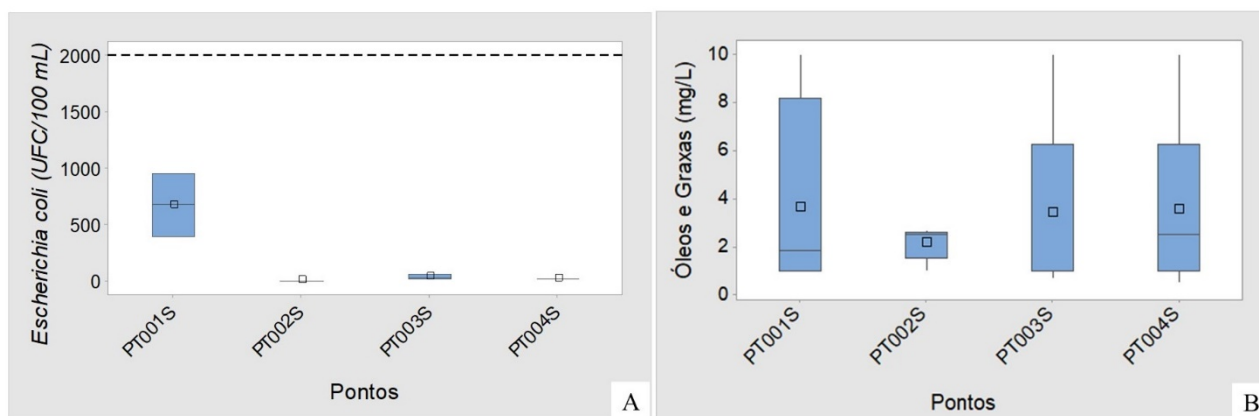
Conforme observado na figura 10A, os valores médios de *E. coli* indicam que em todos os pontos amostrados os resultados ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 274/2000.

Em relação ao parâmetro coliforme termotolerantes, é importante ressaltar que apesar dos resultados médios estarem abaixo de 2500 UFC.100ml<sup>-1</sup>, foi identificado o valor

máximo de 7200 UFC.100ml<sup>-1</sup> no ponto PT001S correspondente a uma amostra coletada em março de 2017.

Ressalta-se que valores elevados de coliformes termotolerantes no ponto PT001S foram observados em amostragens realizadas nos primeiros trimestres dos anos analisados. Contudo, no intervalo temporal estudado, considerando a recomendação da Resolução CONAMA n° 274/2000, a última amostra analisada, coletada em setembro de 2018, obteve o resultado de 115UFC.100ml<sup>-1</sup>. Os demais pontos amostrados não apresentaram resultados insatisfatórios de coliformes termotolerantes.

Assim, destaca-se que a presença de *E. coli* e coliformes termotolerantes no ponto PT001S, podem estar relacionados ao fato de que os municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara lançam efluentes *in natura* em seus corpos receptores (Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM, 2013).



Legenda: (□) Média; (----) Limite legal; ( \* ) Outlier

**Figura 10** - Indicadores monitorados no reservatório da UHE de Peti: (A) *Escherichia coli*; (B) óleo e graxa.

Os óleos e graxas em águas naturais, podem ser provenientes de efluentes domésticos, industriais e despejos oriundos de oficinas mecânicas e postos de gasolina (CETESB, 2017b). No entanto, a presença dessas substâncias na água, também pode estar associada aos barcos, lanchas e *jet skis*, utilizados em atividades recreativas, uma vez que podem ocorrer vazamentos (Migliorini et al., 2010).

A figura 10B mostra que em todos os pontos analisados foi identificada a presença de óleo e graxa, com maior concentração associada ao PT001S.

Tal fato pode ser atribuído ao possível descarte de resíduos provenientes de oficinas mecânicas ou lava jatos a montante deste ponto. Apesar do ponto PT002S apresentar menores

concentrações, durante a observação de campo verificou-se a presença de barcos a motor no reservatório.

Com relação ao pH, salienta-se que os valores médios obtidos para esse parâmetro variam entre 6,0 e 9,0, atendendo assim ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 274/2000, porém algumas amostras nos pontos PT001S, PT002½ZFX, PT002F e PT004S apresentaram valores de pH inferiores a 6,0, conforme apresentado na Figura 2A. Os principais fatores que contribuem para que as água naturais apresentem pH baixo são o processo de dissolução de rochas, presença de despejos no corpo hídrico e atividade fotossintética (Libânio, 2016).

Considerando que algumas doenças podem

ser transmitidas através do contato com a água contaminada e que os reservatórios frequentemente se tornam opção de lazer e fonte sustento, faz-se necessário assegurar que as

águas atendam às condições de balneabilidade, bem como os níveis de qualidade, critérios essenciais para a garantia do bem-estar e da saúde da população.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti foi construído com a finalidade de ampliar a geração de energia elétrica para suprir as demandas do município de Belo Horizonte e da Companhia Vale do Rio Doce em Itabira. Contudo, as águas do reservatório possuem usos múltiplos, dentre os quais podem ser destacadas as atividades recreativas. Desta forma este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das águas do reservatório da UHE de Peti.

Ao analisar os parâmetros de qualidade da água comparando-os com aqueles estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, notou-se que o pH e as concentrações de sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, turbidez, DBO e OD atenderam aos limites normativos.

Entretanto, em relação à presença de coliformes termotolerantes, o ponto PT001S, localizado a montante do reservatório apresentou índice acima do limite máximo permitido, bem como obteve ainda elevada concentração de fósforo. Ressalta-se que esses indicadores podem ser associados à presença de esgoto, além disso, em relação ao fósforo, também pode ser salientado o uso de fertilizantes nas proximidades do ponto amostrado.

Com relação ao Índice de Qualidade da Água, o pior resultado foi observado no ponto PT001S, caracterizado por IQA “médio”. Este resultado foi influenciado pelos níveis indesejáveis de coliformes termotolerantes e fósforo. Os demais pontos obtiveram resultados que permitiram a determinação de um IQA considerado “bom”. No entanto, destaca-se que o ponto PT002S, localizado no reservatório, apresentou um IQA “bom” com transição para “excelente”, indicando que, apesar dos tributários do reservatório serem corpos receptores de efluentes domésticos, provenientes dos municípios localizados a montante, o reservatório possui uma boa capacidade de autodepuração.

Quanto ao índice de estado trófico, os pontos que apresentaram os melhores resultados foram aqueles localizados a jusante do barramento, ou seja, ponto PT003S classificado como “oligotrófico” e PT004S “ultraligotrófico”. Tais resultados podem ser associados à menor

concentração de fósforo e, por serem lóticos, possuem maior concentração de oxigênio dissolvido. O ponto PT002S, apresentou resultado satisfatório, ou seja, IET “mesotrófico”, enquanto o pior resultado foi observado no ponto situado a montante do reservatório (PT001S), classificado como “hipereutrófico”. Neste ponto, em visita de campo foi perceptível em sua proximidade a formação de ilhas de eutrofização, resultante dos poluentes despejados no Rio Santa Bárbara.

Os indicadores de balneabilidade indicaram que as águas são impróprias para recreação de contato primário em todos os pontos analisados. O pior ponto foi o PT001S, uma vez que, além da presença de esgoto, foram identificados traços de óleo e graxa. Apesar dos resultados de todos os parâmetros no interior do reservatório apresentarem níveis aceitáveis, a presença de óleo e graxa inviabiliza o uso da água para recreação de acordo com a legislação pertinente.

Nota-se, de modo geral, que os resultados foram comprometidos pela presença de efluentes sanitários a montante do reservatório. Desta forma, recomenda-se que sejam desenvolvidas políticas públicas para disponibilização de estruturas para coleta e tratamento de esgotos dos municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais.

Quanto a presença de óleo e graxa, propõe-se a implantação de atividades contínuas de educação ambiental com os usuários de embarcações movidas a combustíveis fósseis, enfatizando os impactos à fauna e flora aquáticas resultantes da contaminação das águas. Além disso, sugere-se a realização de pesquisas para a identificação de outras possíveis fontes de contaminação, tais como oficinas mecânicas, lava-jatos e indústrias.

A fim de obter dados mais representativos quanto a qualidade da água, uma vez que há apenas um único ponto para monitoramento ao longo de todo o reservatório, recomenda-se à concessionária administradora da UHE de Peti a implantação de outros pontos de amostragem, principalmente próximo às comunidades ribeirinhas, uma vez que nestas áreas ocorre maior exposição da população às águas.

Por fim, apesar do reservatório da UHE de Peti ter sido construído para a geração de energia elétrica, devido ao seu uso para fins de balneabilidade, recomenda-se a construção de

estruturas de apoio e fiscalização às atividades recreativas, visando coibir a degradação, bem como promover a preservação do ecossistema local.

## REFERÊNCIAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade da água** - Índice de qualidade da água (IQA). Disp. em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acessado em: 15abr2020.
- ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M.C.; SCHNEIDER, R.M. Índice de qualidade da água e do estado trófico do rio **Caiabi, MT. Revista Ambiente e Água. Taubaté**, v. 11, n. 1, 2016. Disp. em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n1/1980-993X-ambiagua-11-01-00162.pdf>. Acessado em: 15abr2020.
- BAZANI, J.H.; GONÇALVES, J.L.M.; ROCHA, J.H.T. **Nutrição fosfatada em plantações de eucalipto**. International Plant Nutrition Institute- Brasil. Informações Agronômicas nº 148. 2014. Disp. em: [http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/BBDDBC5D4751AF3F83257DB6006925E4/\\$FILE/Jornal-148.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/BBDDBC5D4751AF3F83257DB6006925E4/$FILE/Jornal-148.pdf). Acessado em: 12mar2020.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G. L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; MILTON, S.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. 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**. Disp. em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em: 23mai2020.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**. Disp. em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLUÇÃO-CONAMA-nº-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>. Acessado em: 7mar2020.
- CAMPAGNOLI, F. & DINIZ, N. C. **Gestão de Reservatórios de Hidrelétricas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- CBH-PIRACICABA - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA. **Diagnóstico técnico-participativo dos serviços de saneamento básico**. 2014. Disp. em: [http://www.cbhpiracicabamg.org.br/wp-content/uploads/2014/04/1240-IBA-03-SA-RT-0003-R3\\_SantaBarbara.pdf](http://www.cbhpiracicabamg.org.br/wp-content/uploads/2014/04/1240-IBA-03-SA-RT-0003-R3_SantaBarbara.pdf). Acessado em: 14jan2020.
- CBH-PIRACICABA - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA. **Diagnóstico técnico-participativo dos serviços de saneamento básico**. 2015. Disp. em: [http://www.cbhpiracicabamg.org.br/wp-content/uploads/2014/04/1240-IBA-01-SA-RT-0008-R3\\_BaraodeCocais1.pdf](http://www.cbhpiracicabamg.org.br/wp-content/uploads/2014/04/1240-IBA-01-SA-RT-0008-R3_BaraodeCocais1.pdf). Acessado em: 14jan2020.
- CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Dados Básicos**. 2019a. Disp.: [http://www.cemig.com.br/pt-br/a\\_cemig/nossos\\_negocios/usinas/Paginas/Peti.aspx?ItemId=49&IdExterno=9&Tipo=usina](http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/nossos_negocios/usinas/Paginas/Peti.aspx?ItemId=49&IdExterno=9&Tipo=usina). Acessado em: 9mar2020.
- CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Usina Peti**. 2019b. Disponível: [https://www.cemig.com.br/pt-br/a\\_cemig/Nossa\\_Historia/Paginas/Usina-Peti.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Usina-Peti.aspx). Acessado em: 10mar2020.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Balneabilidade e Saúde**. 2020. Disp. em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/>. Acessado em: 2jan2020.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Índices de qualidade das águas**. 2017a. Disp. em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Appendice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf>. Acessado em: 9mar2020.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade**. 2017b. Disp. em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Appendice-E-Significado-Ambiental-das-Variáveis-de-Qualidade.pdf>. Acessado em: 2abr2020.
- DANELON, J.R.B. & RODRIGUES, S.C. Estudo sobre a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do córrego Terra Branca, Uberlândia (MG). **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p. 13 – 21, 2013.
- DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 5 ed. atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Bárbara**. Belo Horizonte, 2013. Disp. em: [http://www.feam.br/images/stories/piracicaba/sumario%20executivo\\_piracicaba%202.pdf](http://www.feam.br/images/stories/piracicaba/sumario%20executivo_piracicaba%202.pdf). Acessado em: 14jan2020.
- FERREIRA, D.M. & CUNHA, C. Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do Rio Verde. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 18, n. 1, p. 83 – 93, 2013.
- FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.
- GOOGLE. **Google Earth**. Versão 7.1.5.1557. 2017. Nota (Reservatório de Peti, municípios de São Gonçalo do Rio Abaixo, Santa Bárbara e Barão de Cocais - MG), 2020. Disp. em: <http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>. Acessado em: 5mar2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Internacional ao Milionésimo**. 2010. Disp. em: <http://mapas.ibge.gov.br/interativos/servicos/wms-do-arcgis>. Acessado em: 9abr2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. 2019. Disp. em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>. Acessado em: 20nov2019.
- IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Índice de Qualidade das Águas - IQA**. Disp. em: <http://portalinf hidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>. Acessado em: 12jan2020.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2016.
- MIGLIORINI, S. M. S.; SOUZA, L. F.; BIESEK, A. S.; RITTER, C. A necessidade de se planejar o uso turístico do lago do reservatório da Usina Salto Osório – Paraná: atividades turísticas desenvolvidas no local e os consequentes impactos ambientais. **Revista Geografar**. Curitiba, v. 5, n. 2, p. 115-142, jul./dez. 2010.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. 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 de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG, 05 de maio de 2008. Disp. em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acessado em: 4mar2020.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994. Dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba. **Diário Oficial de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG, 19 de abril de 1994. Disp. em:

- <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=108>.  
Acessado em: 18mai2020.
- MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 5ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2012.
- OLIVEIRA, J.N. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**. Natal, 2012. 100 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- SILVA, A.B.; FILHO, E D.S.; CÂMARA, J.C. S.; SANTOS, M.L.O.; SANTOS, D.R.; FREITAS, M.L.A.; SANTOS, J.S.I.; SILVEIRA, P.L.N. Química Ambiental: monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio – PB. **Revista Águas Subterrâneas**. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. v.. 33, n. 3, 2019.
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 3ª ed. São Carlos: RiMa, 2009.
- VISCHI FILHO, O. J.; CORSATO, L. G.; QUIESSI, J. A.; KANOO, O. Y.; PENTEADO, R. B.; ARABORI, R. M.; BELORTE, L. C. C.; LIMA, M.E. Diagnóstico e reabilitação agroambiental de trecho de bacia hidrográfica por sensoriamento remoto e turbidez da água. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 9, p. 1099-1109, 2016.
- VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014a.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014b.

*Submetido em 24 de maio de 2020  
Aceito para publicação em 11 de agosto de 2020*