

**Monitoramento Limnológico e  
de Qualidade da Água do  
Aproveitamento Hidrelétrico  
(AHE) Simplício – Queda Única**

Campanha: Setembro de 2017



**FITO-SENSE**  
CONSULTORIA AMBIENTAL



**Furnas**



# Relatório de acompanhamento 1

Setembro de 2017

## **EQUIPE TÉCNICA**

Dra. Eleonora Appel

Coordenação Técnica, análise de dados e elaboração de relatórios

Msc. Carlos Henrique Eckhardt Duque Estrada

Coleta e análise de amostras *in situ*

Aqualit Tecnologia em Saneamento LTDA

Análise de amostras em laboratório

## **APRESENTAÇÃO**

Em cumprimento ao Termo Contratual n° 8000009905, a FITO-SENSE Consultoria Ambiental LTDA apresenta o Relatório de Acompanhamento 1 (primeiro produto), referente à segunda campanha do Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, realizada nos dias 24 e 25 setembro de 2017. Este documento reúne os dados físicos, químicos e microbiológicos levantados nessa campanha, bem como a descrição das principais características encontradas nas estações de coletas no momento da amostragem, inclusive as condições climáticas e meteorológicas. A consolidação dos resultados de análises de campo e laboratoriais gera as informações necessárias para o diagnóstico atualizado dos corpos hídricos estudados, cuja grande abrangência permite a caracterização geral da região de inserção do empreendimento.

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                              | <b>6</b>  |
| 2.1      | ESTAÇÕES DE COLETA .....                              | 6         |
| 2.1      | COLETA, ACONDICIONAMENTO E ANÁLISES DE AMOSTRAS ..... | 8         |
| <b>3</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                   | <b>9</b>  |
| 3.1      | RESULTADOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS .....  | 9         |
| 3.2      | RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS .....                      | 28        |
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                     | <b>30</b> |
| <b>5</b> | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                              | <b>30</b> |

### **ANEXO 1. Laudos analíticos – resultados físico, químicos e microbiológicos**

## 1 INTRODUÇÃO

O AHE Simplício – Queda Única está localizado no rio Paraíba do Sul, entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. A cidade de Sapucaia se situa a jusante do reservatório de Anta (parte integrante do complexo hidráulico do AHE Simplício – Queda Única), na margem direita do trecho de vazão reduzida do rio Paraíba do Sul. O aproveitamento hidrelétrico, incluindo as usinas de Anta e de Simplício, tem potência instalada de 333 MW.

O rio Paraíba do Sul nasce na serra Bocaina, no estado de São Paulo, da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna. A bacia do rio Paraíba do Sul estende-se pelo território de três estados, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais é considerada, em superfície, uma das três maiores bacias hidrográficas secundárias do Brasil, abrangendo uma área aproximada de 57.000 km<sup>2</sup>. A bacia é limitada, ao norte, pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo, ao sul, pela serra dos Órgãos e os trechos paulista e fluminense da Serra do Mar, que a separam das pequenas bacias independentes do litoral fluminenses e paulista, a leste. A oeste é limitada por áreas de altitudes pouco significativas nos arredores de Moji das Cruzes. A região do vale do Paraíba é caracterizada por um clima predominantemente tropical quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos.

A bacia do rio Paraíba do Sul encontra-se em território de Mata Atlântica com elevado impacto antrópico e com floresta original restrita a parques e reservas florestais. As principais atividades econômicas atualmente desenvolvidas na bacia são ligadas aos setores industrial e agropecuário, sendo o vale do Paraíba uma das maiores regiões industriais do país.

Na sua margem esquerda, os principais rios tributários do rio Paraíba do Sul são: Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé, enquanto que na margem direita os rios Una, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios são os principais afluentes. Os rios Piabanha e Paraibuna se unem ao rio Paraíba do Sul, no chamado encontro dos três rios, a montante da área de instalação do AHE Simplício. O rio Piabanha nasce na Serra dos Órgãos, no município de Petrópolis (RJ) e percorre um percurso de 80 km, cruzando os municípios de Areal, Paraíba do Sul e Três Rios, antes de desaguar no rio Paraíba do Sul. A nascente do Paraibuna localiza-se no município de Antônio Carlos (MG). Esse rio recebe o mesmo nome daquele que dá origem ao rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo. Dentre os municípios banhados por este rio antes de desaguar no Paraíba do Sul, destaca-se Juiz de Fora (MG), importante polo industrial do estado de Minas Gerais.

Desde sua nascente até sua foz em forma de delta em Atafona e São João da Barra, no norte fluminense, o rio Paraíba do Sul percorre um percurso total de 1120 km, passando por 180 municípios, sendo 53 no estado do Rio de Janeiro, 88 em Minas Gerais e 39 em São Paulo. Com uma população estimada em 5,5 milhões de habitantes e drenando uma das áreas mais desenvolvidas do país, a bacia do Paraíba do Sul constitui uma das principais bacias hidrográficas do Brasil.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia aplicada no Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, brevemente descrita a seguir, seguiu todas as recomendações estabelecidas no Termo de Referência GAE.E.TR.016.2017.

### **2.1 ESTAÇÕES DE COLETA**

Este monitoramento abrange 16 estações de coleta, localizadas no corpo principal do reservatório de Simplício, bem como em seus principais tributários (**Figura 1 e Quadro 1**). A **Figura 2** apresenta o registro fotográfico das estações de campo onde foram realizadas as amostragens na campanha de setembro de 2017.

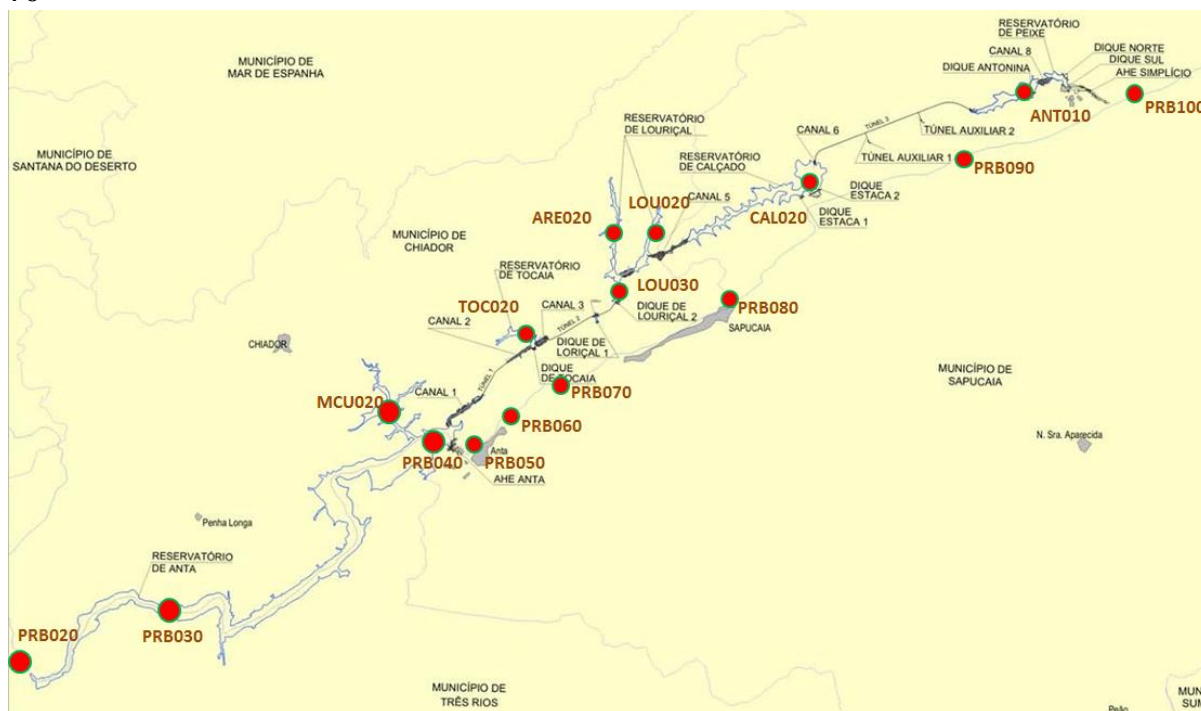
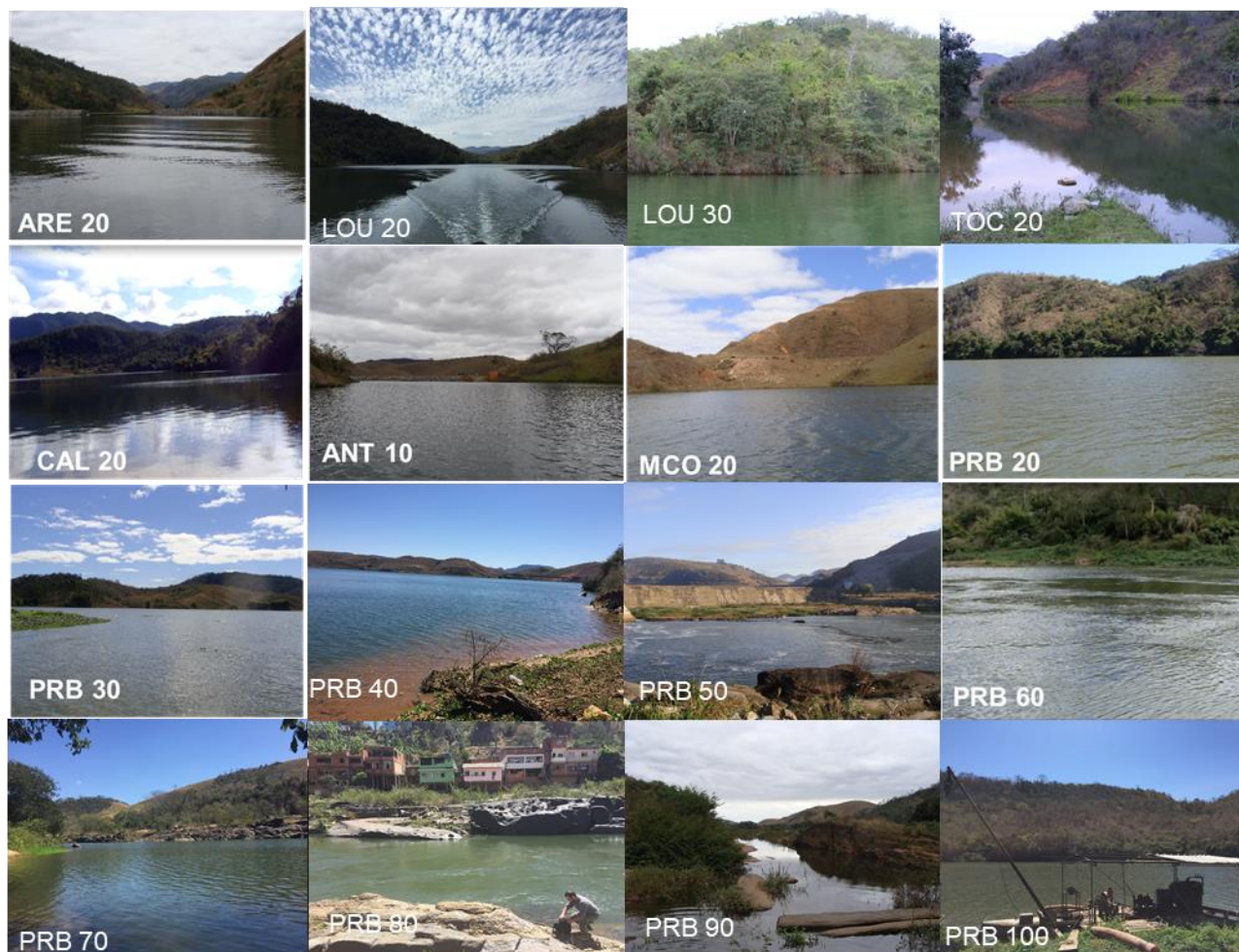


Figura 1. Localização das estações de coleta no AHE Simplício.

Quadro 1. Coordenadas geográficas e referência acerca da localização das estações de coleta no AHE Simplício.

| PONTO  | DESCRIÇÃO  | UTM X  | UTM Y   |
|--------|--|--------|---------|
| PRB20  | Rio Paraíba do Sul, a montante do Reservatório de Anta                 | 694571 | 7556653 |
| PRB30  | Rio Paraíba do Sul, área de abrangência do Reservatório de Anta        | 698739 | 7555537 |
| PRB40  | Rio Paraíba do Sul, Reservatório de Anta, à montante da barragem       | 706178 | 7562279 |
| PRB50  | Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Anta-RJ                    | 706843 | 7561801 |
| PRB60  | Rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Anta-RJ                     | 707833 | 7562343 |
| PRB70  | Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Sapucaia-RJ                | 711720 | 7564729 |
| PRB80  | Rio Paraíba do Sul, na cidade de Sapucaia-RJ                           | 715890 | 7566723 |
| PRB90  | Rio Paraíba do Sul, a montante do canal de fuga da AHE Simplício       | 728716 | 7573357 |
| PRB100 | Rio Paraíba do Sul, a jusante do canal de fuga da AHE Simplício        | 734603 | 7576270 |
| ANT10  | Reservatório de Antonina   | 724404 | 7573504 |
| ARE20  | Córrego Areia, a montante do Dique Alga1 - Reservatório de Louriçal    | 712000 | 7568800 |
| ARE30  | Córrego Areia, a montante do Dique Louriçal - Reservatório de Louriçal | 712055 | 7567105 |
| CAL20  | Reservatório de Calçado  | 715150 | 7569394 |
| LOU20  | Córrego Louriçal, a montante do Dique Alga2 - Reservatório de Louriçal | 713200 | 7569000 |
| MCO20  | Rio Macuco, Reservatório de Anta                                       | 704459 | 7562707 |
| TOC20  | Córrego Tocaia, Reservatório de Tocaia                                 | 708837 | 7566007 |





**Figura 2. Estações de campo onde foram realizadas as amostragens em setembro de 2017 no AHE Simplício.**

## **2.1 COLETA, ACONDICIONAMENTO E ANÁLISES DE AMOSTRAS**

Uma série de parâmetros ambientais são medidos *in loco*, pela equipe de campo. A temperatura do ar foi medida com o auxílio de um termômetro. A transparência da coluna d'água foi determinada pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi. Perfis de temperatura da água, pH, turbidez, condutividade e oxigênio dissolvido foram obtidos com resolução a cada metro, através de uma sonda compacta multiparamétrica (YSI 6920). Em cada estação de amostragem foram realizados registros fotográficos e foram anotadas as condições meteorológicas.

Amostras de água foram coletadas em sub-superfície e, apenas a estação PRB 40, foi amostrada também no fundo (PRB 40 F) além da sub-superfície (PRB 40 S). A amostragem no fundo foi realizada com o auxílio de uma garrafa de Van-Dorn.

As amostras de água foram coletadas em frascos destinados às análises de DBO e coliformes e em duas garrafas de 1,5 litros. Os frascos de DBO, de coliformes e as garrafas de 1,5 litros foram enviados para análise imediatamente após a coleta. Todas as amostras foram mantidas resfriadas durante todo o tempo de acondicionamento, desde o momento da coleta até a análise.

Os parâmetros da água amostrados e analisados encontram-se no Quadro 2 e os métodos analíticos adotados estão descritos em “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

**Quadro 2 – Parâmetros amostrados na coluna d’água e atmosfera.**

| GRUPO | PARÂMETRO                         | UNID                   |
|-------|-----------------------------------|------------------------|
| 1     | Temperatura da água               | °C                     |
|       | Transparência                     | m                      |
|       | pH                                | -                      |
|       | Turbidez                          | N.T.U                  |
|       | Condutividade a 25 °C             | uS/cm                  |
|       | Oxigênio Dissolvido               | mg/L                   |
|       | Temperatura do Ar                 | °C                     |
| 2     | Sólidos Suspensos Fixos           | mg/L                   |
|       | Sólidos Suspensos Voláteis        | mg/L                   |
|       | Fenóis                            | mg/L                   |
| 3     | Nitrogênio Total                  | mg/L                   |
|       | Amônia                            | mg/L                   |
|       | Fósforo Total                     | mg/L                   |
| 4     | Alcalinidade Total                | mgCaCO <sub>3</sub> /L |
| 5     | D.B.O.                            | mg/L                   |
|       | Coliformes Totais                 | NMP/100ml              |
|       | Coliformes Fecais Termotolerantes | NMP/100ml              |
| 6     | Ferro Total                       | mg/L                   |
|       | Ferro Dissolvido                  | mg/L                   |
| 7     | Clorofila a                       | ug/L                   |

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 RESULTADOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

As **Tabelas 1 e 2** reúnem, respectivamente, os dados obtidos em campo e em laboratório, durante a coleta de setembro de 2017 no AHE Simplício. Os dados são apresentados graficamente nas **Figuras 3 a 10**, fazendo referência aos limites estabelecidos pela legislação vigente, sempre que pertinente. Nas **Figuras 11 a 15**, são apresentados graficamente os resultados das análises em perfil vertical. Os resultados obtidos em laboratório são apresentados nas **Figuras 16 a 25**.

**Tabela 1. Resultados das análises realizadas em campo, durante a campanha de setembro de 2017, no reservatório do AHE Simplício.**

| PONTO                        | PRB 20 | PRB 30 | PRB 40 | PRB 50 | PRB 60 | PRB 70 | PRB 80 | PRB 90 | PRB 100 | ANT10 | MCO 20 | CAL 20 | ARE 20 | LOU 20 | LOU 30 | TOC 20 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Data                         | 23/9   | 23/9   | 23/9   | 23/9   | 23/9   | 23/9   | 23/9   | 24/9   | 24/9    | 24/9  | 23/9   | 24/9   | 24/9   | 24/9   | 24/9   | 24/9   |
| Hora                         | 14:20  | 14:40  | 15:45  | 16:19  | 16:40  | 17:10  | 17:30  | 09:39  | 09:20   | 08:15 | 15:20  | 11:33  | 13:32  | 12:38  | 13:00  | 14:16  |
| Tempo                        | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL     | SOL   | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    | SOL    |
| Profundidade (m)             | 2,3    | 4,0    | 10,7   | 1,4    | 1,0    | 1,0    | 1,5    | 0,5    | 1,0     | 12,5  | 8,7    | 11,2   | 4,6    | 10,0   | 11,3   | 1,5    |
| Transparência (m)            | 1,5    | 1,5    | 1,7    | TOTAL  | TOTAL  | TOTAL  | TOTAL  | TOTAL  | TOTAL   | 2,3   | 0,9    | 2,3    | 2,0    | 2,2    | 1,9    | TOTAL  |
| Temperatura do Ar °C         | 24,3   | 24,3   | 24,7   | 24,2   | 24,2   | 24,2   | 24,1   | 26,5   | 23,7    | 19,2  | 24,7   | 26,5   | 29,0   | 28,9   | 29,0   | 29,0   |
| Temperatura da Água °C       | 24,7   | 25,6   | 25,7   | 24,6   | 24,7   | 25,5   | 25,0   | 24,5   | 24,4    | 23,5  | 25,6   | 26,1   | 26,8   | 26,0   | 26,5   | 27,0   |
| pH                           | 7,9    | 7,5    | 9,6    | 8,7    | 8,6    | 8,7    | 8,6    | 8,9    | 8,6     | 9,0   | 9,7    | 9,0    | 8,3    | 8,5    | 8,7    | 10,3   |
| Condutividade (µS/cm)        | 100,0  | 100,0  | 101,0  | 100,0  | 100,0  | 100,0  | 100,0  | 99,0   | 98,0    | 93,0  | 105,0  | 95,0   | 100,0  | 99,0   | 100,0  | 98,0   |
| Turbidez (NTU)               | 14,9   | 15,1   | 13,5   | 15,2   | 12,8   | 10,6   | 12,1   | 12,4   | 11,0    | 11,3  | 22,4   | 10,3   | 11,3   | 10,9   | 10,6   | 14,5   |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)   | 7,6    | 8,1    | 9,0    | 9,5    | 8,8    | 7,9    | 8,2    | 8,2    | 8,3     | 8,3   | 9,0    | 8,8    | 8,4    | 7,8    | 9,1    | 8,4    |
| Oxigênio dissolvido (% sat.) | 87,2   | 93,2   | 103,1  | 108,2  | 101,0  | 90,7   | 93,7   | 94,5   | 95,4    | 95,5  | 103,2  | 100,8  | 96,5   | 89,9   | 103,7  | 96,6   |

**Tabela 2. Resultados das análises realizadas em laboratório, a partir das amostras coletadas durante a campanha de setembro de 2017, no reservatório do AHE Simplício.**

|   | PRB 20 | PRB 30 | PRB 40-S | PRB 40-F | PRB 50  | PRB 60  | PRB 70 | PRB 80 | PRB 90 | PRB 100 | ANT10   | MCO 20 | CAL 20  | ARE 20 | LOU 20 | LOU 30  | TOC 20 |
|---|--------|--------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Sólidos susp. Fixos (mg/L)                | 12,0   | 4,0    | 8,0      | 4,0      | 2,5     | 4,0     | 2,5    | 2,5    | 6,0    | 2,5     | 2,5     | 2,5    | 4,0     | 2,5    | 2,5    | 4,0     | 6,0    |
| Sólidos susp. Voláteis (mg/L)             | 2,5    | 0,5    | 10,0     | 2,5      | 2,5     | 6,0     | 2,5    | 2,5    | 6,0    | 2,5     | 2,5     | 6,0    | 2,5     | 2,5    | 2,5    | 2,5     | 8,0    |
| Nitrogênio total (mg/L)                   | 0,56   | 0,56   | 0,28     | 0,58     | 0,28    | 0,28    | 0,28   | 0,86   | 0,96   | 0,48    | 0,86    | 0,58   | 0,58    | 0,86   | 0,48   | 0,96    | 0,96   |
| Nitrogênio amoniacal (mg/L)               | 0,6    | 0,6    | 0,6      | 0,6      | 0,1     | 0,6     | 0,6    | 0,6    | 0,6    | 0,6     | 0,6     | 0,6    | 0,6     | 0,6    | 0,6    | 0,6     | 0,6    |
| Fósforo total (mg/L)                      | 0,07   | 0,06   | 0,03     | 0,02     | 0,05    | 0,01    | 0,02   | 0,03   | 0,01   | 0,01    | 0,02    | 0,07   | 0,01    | 0,02   | 0,01   | 0,01    | 0,02   |
| Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)     | 2,0    | 2,0    | 2,0      | 2,0      | 2,0     | 2,0     | 2,0    | 2,0    | 2,0    | 2,0     | 2,0     | 2,8    | 2,0     | 2,0    | 2,0    | 2,0     | 2,0    |
| Alcalinidade total (CaCO <sub>3</sub> /L) | 16,0   | 18,0   | 18,5     | 18,5     | 20,0    | 19,0    | 18,0   | 15,0   | 18,0   | 17,5    | 17,0    | 17,5   | 20,5    | 16,5   | 19,0   | 18,0    | 19,5   |
| Fenóis (mg/L)                             | 0,001  | 0,001  | 0,001    | 0,001    | 0,001   | 0,001   | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0,001   | 0,001   | 0,001  | 0,001   | 0,001  | 0,001  | 0,001   | 0,001  |
| Ferro total                               | 0,13   | 0,10   | 0,01     | 0,99     | 0,01    | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,01    | 0,15   | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,01   |
| Ferro dissolvido                          | 0,01   | 0,01   | 0,01     | 0,12     | 0,01    | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,01    | 0,06   | 0,01    | 0,01   | 0,01   | 0,01    | 0,0    |
| Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)        | 2200,0 | 92,0   | ausente  | ausente  | ausente | ausente | 22,0   | 6,8    | 9,3    | 4,0     | ausente | 220,0  | ausente | 3,6    | 11,0   | ausente | 43,0   |
| Colif. Totais                             | 2200,0 | 430,0  | ausente  | ausente  | ausente | ausente | 22,0   | 20,0   | 22,0   | 22,0    | ausente | 220,0  | ausente | 3,6    | 11,0   | ausente | 43,0   |
| Clorofia a (µg/L)                         | 1,8    | 3,6    | 16,0     | 6,2      | 11,6    | 24,9    | 2,7    | 1,0    | 1,8    | 1,0     | 10,7    | 1,0    | 5,3     | 4,5    | 8,9    | 4,5     | 1,0    |

A profundidade das estações de coleta variou de 0,5 m (PRB 90) a 10,7 m (PRB 40) nas estações do rio e de 1,5 m (TOC 20) a 12,5 m (ANT 10) nas estações de reservatórios, sendo ANT 10 o ponto mais profundo (**Figura 3**).

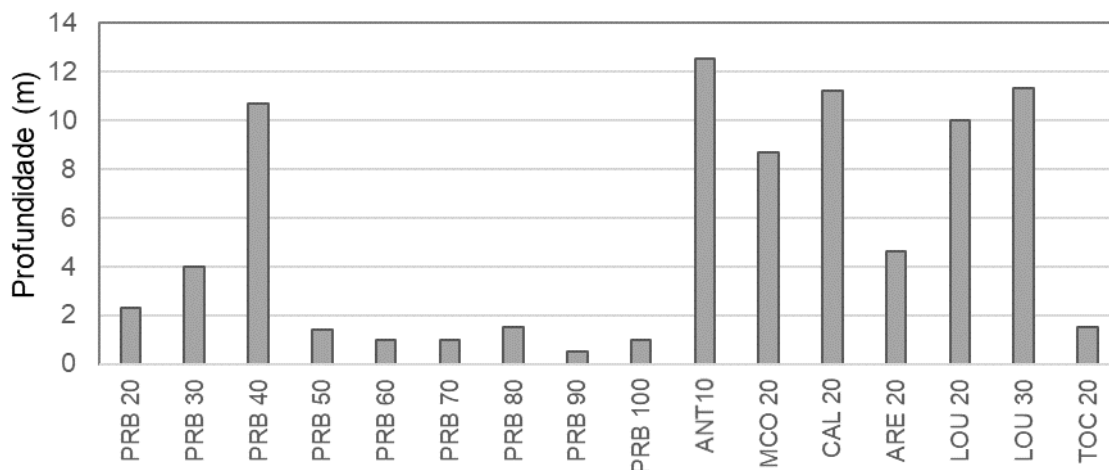


Figura 3. **Profundidade máxima registrada nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplicio em setembro de 2017.**

A variação na temperatura do ar foi influenciada pelo horário de amostragem, sendo as temperaturas máximas de 28,9 e 29 °C registradas entre 12:38 e 14:16 horas da tarde. A menor temperatura do ar foi registrada às 8:15 da manhã (19,2 °C). Nas demais horas do dia e durante os dois dias de amostragem a temperatura média do ar foi de  $25,4 \pm 2,6$  °C (média  $\pm$  DP), sendo que os valores variaram de 19,2 (ANT 10) a 29 °C (ARE 20, LOU 20, LOU 30 e TOC 20; **Figura 4**).

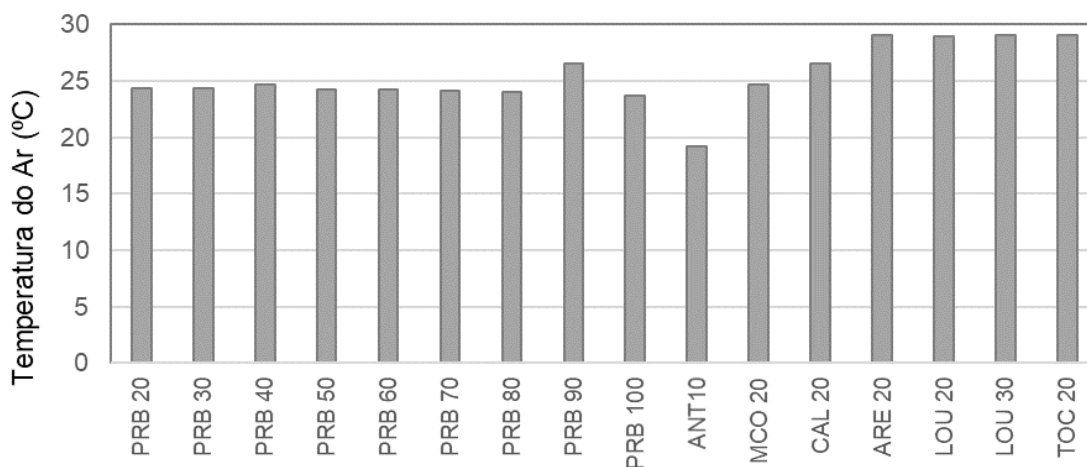
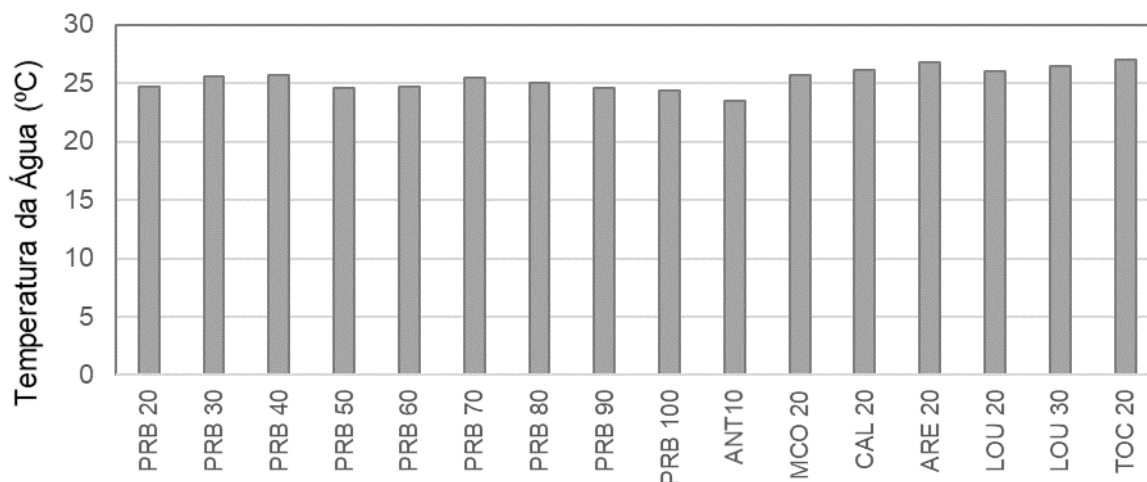


Figura 4. **Temperatura do ar medida nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplicio em setembro de 2017**

A temperatura da água apresentou menor variação entre os pontos de amostragem do que a temperatura do ar. O valor médio registrado foi de  $25,4 \pm 0,9$  °C (média  $\pm$  DP), com mínima de 23,5 no ponto ANT 10 às 08:15 horas e máxima de 26,0 no ponto TOC 20 às 14:16 horas (**Figura 5**).



**Figura 5. Temperatura da água medida na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.**

A transparência da água aponta a região na coluna d'água em que ocorre fotossíntese. Ambientes com turbidez mais elevada apresentam, geralmente, menor transparência da água. A transparência da água variou de 0,9 m em MCO 20 a 2,3 m em ANT 10 e CAL 20 onde foi registrada também a menor turbidez (10,3 NTU). A maior turbidez (22,4 NTU) foi registrada em MCO 20, por consequência, a menor transparência. No entanto, esse padrão não foi claramente observado nas demais estações de amostragem no reservatório AHE Simplício. Nos sistemas muito rasos (~1,0 m) o disco de Secchi foi visível até o fundo (transparência total; **Figura 6**).

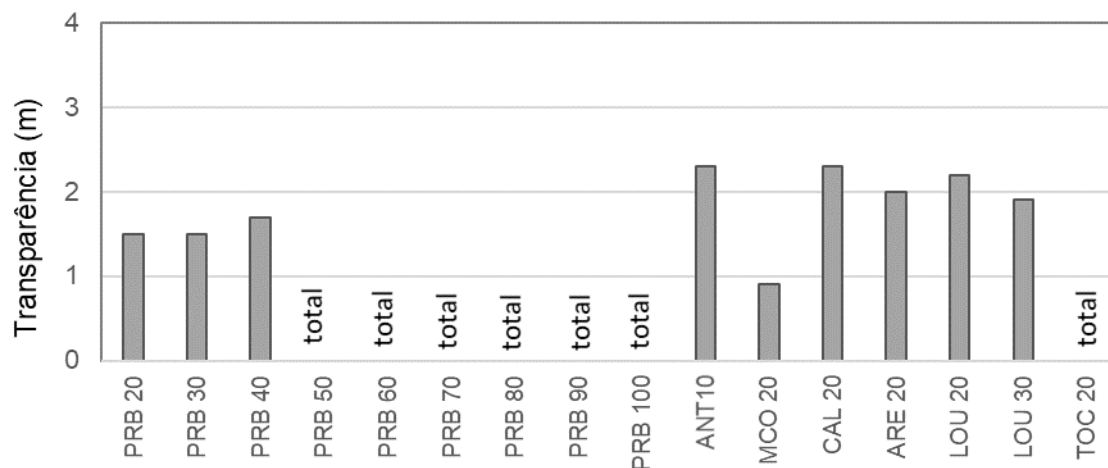




Figura 6. **Transparência da água nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.**

A turbidez em corpos de água é resultado da quantidade de partículas em suspensão, sejam elas orgânicas ou inorgânicas, e, em menor proporção, dos compostos dissolvidos. Os valores de turbidez estiveram abaixo do limite máximo preconizado pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para classe 2 em todas as estações (< 100 NTU) e também para classe 1 (<40 NTU; **Figura 7**). O valor médio para a turbidez nas estações de campo foi de  $13,1 \pm 2,9$  NTU (média  $\pm$  DP).

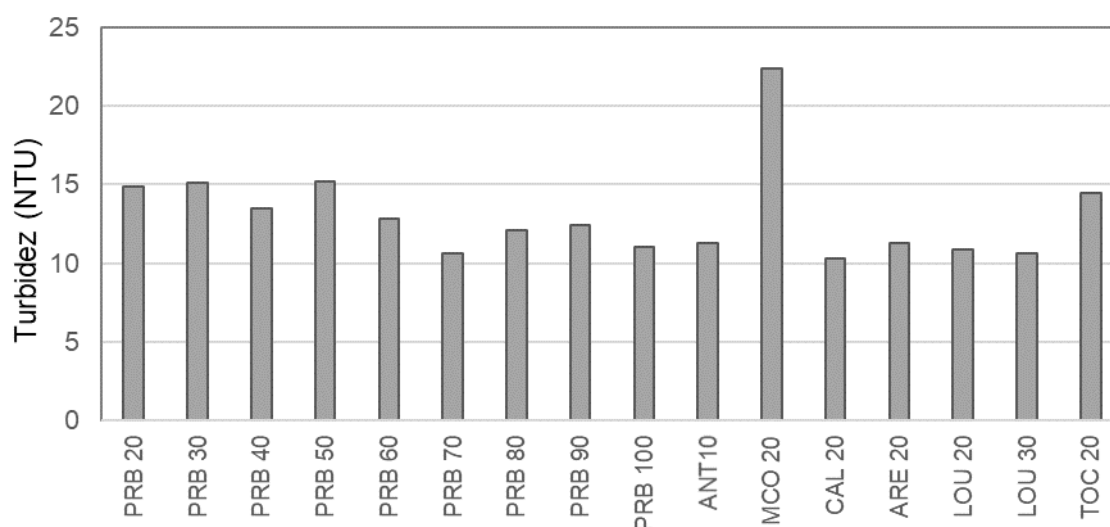


Figura 7. **Turbidez da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.**

O pH das estações amostradas esteve dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (**Figura 8**) na maioria das estações de amostragem. Exceto em PRB 40, MCO 20 e TOC 20 o pH esteve acima do limite máximo permitido pelas referidas Resolução e classe (> 9,0). Em média, o pH das estações foi neutro ( $8,8 \pm 0,6$ ; média  $\pm$  DP).

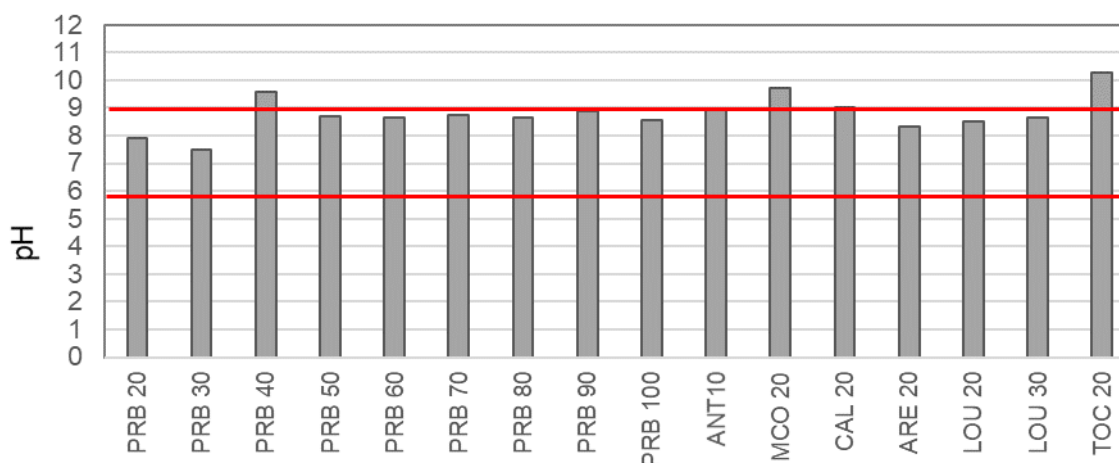




Figura 8. **pH da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximo e mínimo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A condutividade elétrica corresponde à carga transmitida na água em um espaço definido. Uma vez que a condução elétrica na água depende da concentração de íons em solução, a condutividade é uma medida indireta do teor de sais na água. Em sistemas de água doce a condutividade está relacionada a fatores geoquímicos locais, as condições climáticas e as contribuições humanas. A condutividade variou entre 93,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na estação ANT 10 a 105,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na estação MCO 20 (**Figura 9**). A condutividade média foi de 99,30  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 2,5$  (média  $\pm$ DP).

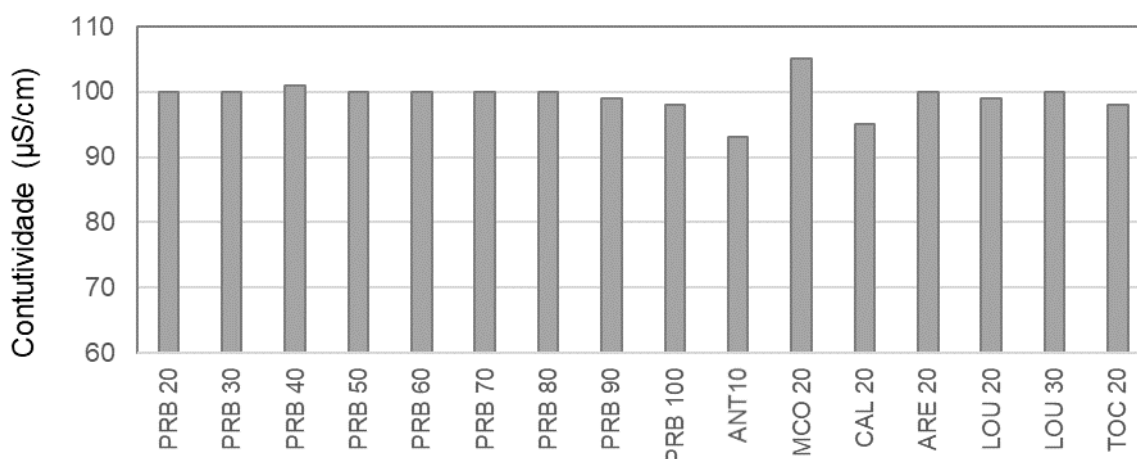


Figura 9. **Condutividade elétrica da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.**

O oxigênio dissolvido (OD) esteve acima do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em todas as estações (**Figura 10**) não evidenciando anoxia nas estações de coleta. Em média a concentração de oxigênio dissolvido esteve abaixo de 10mg/L não evidenciando supersaturação e foi de 8,5  $\pm$  0,5 mg/L (média  $\pm$  DP).

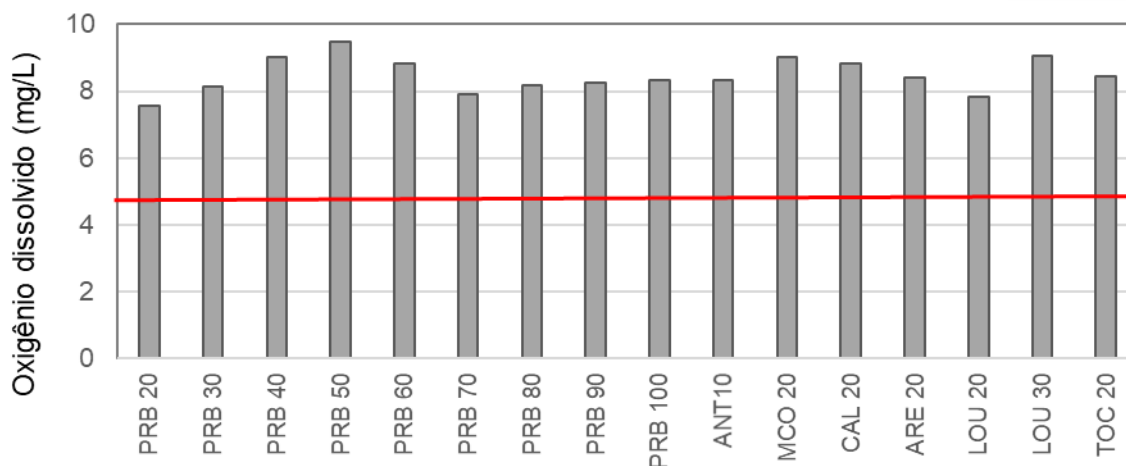


Figura 10. **Oxigênio dissolvido na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017. A linha vermelha indica o limite mínimo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

Os perfis de temperatura da água mostram que dentre as estações de coleta do reservatório do AHE Simplício apenas MCO 20 e LOU 30 estavam estratificadas durante a campanha de setembro de 2017 (**Figura 11**). A profundidade da termoclina nessas duas estações foi de 2 metros. Nas demais estações foi observada discreta tendência de diminuição da temperatura em direção ao fundo.

Os perfis de OD apresentaram redução em direção ao fundo (**Figura 12**). Enquanto na camada superficial as algas fazem fotossíntese e aumentam as concentrações de O<sub>2</sub>, a biomassa de alga em senescência e demais materiais orgânicos e inorgânicos decompõe ao sedimentar nas camadas mais profundas, reduzindo as concentrações de oxigênio. Além disso, menores concentrações de oxigênio dissolvido na água são esperadas em menores temperaturas e maiores pressões (quanto maior a profundidade) devido a maior solubilidade deste gás sob essas condições. As concentrações de oxigênio dissolvido na água atingiram valor mínimo de 6,3 mg/L no fundo da estação ANT 10 (12 metros) indicando a ausência de anoxia na coluna d'água do AHE Simplício durante esta campanha.

Os perfis de condutividade apresentaram discreta variação em direção ao fundo. A exceção foi MCO 20 com aumento em direção ao fundo (**Figura 13**).

Os valores de pH, foram no geral mais elevados na superfície das estações de coleta, com leve redução em direção ao fundo (**Figura 14**). Maiores pH na superfície ocorrem, provavelmente, devido à ocorrência de fotossíntese na zona eufótica, superficial, processo que consome CO<sub>2</sub> dissolvido na água, aumentando o pH.

A turbidez foi bastante constante, com sutil aumento em direção ao fundo nos perfis realizados exceto MCO 20 que apresentou oscilação entre as profundidades **Figura 15**).

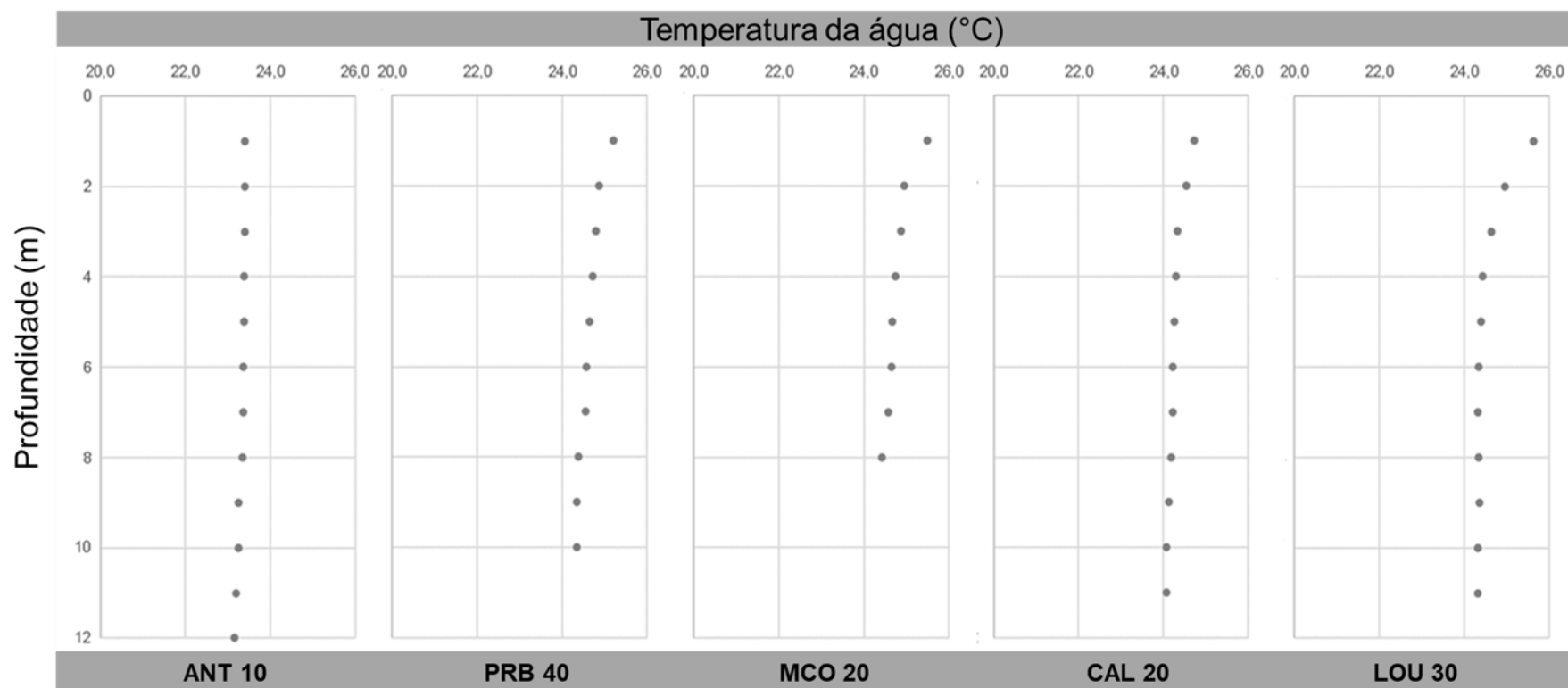


Figura 11. Perfis de temperatura da água nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.

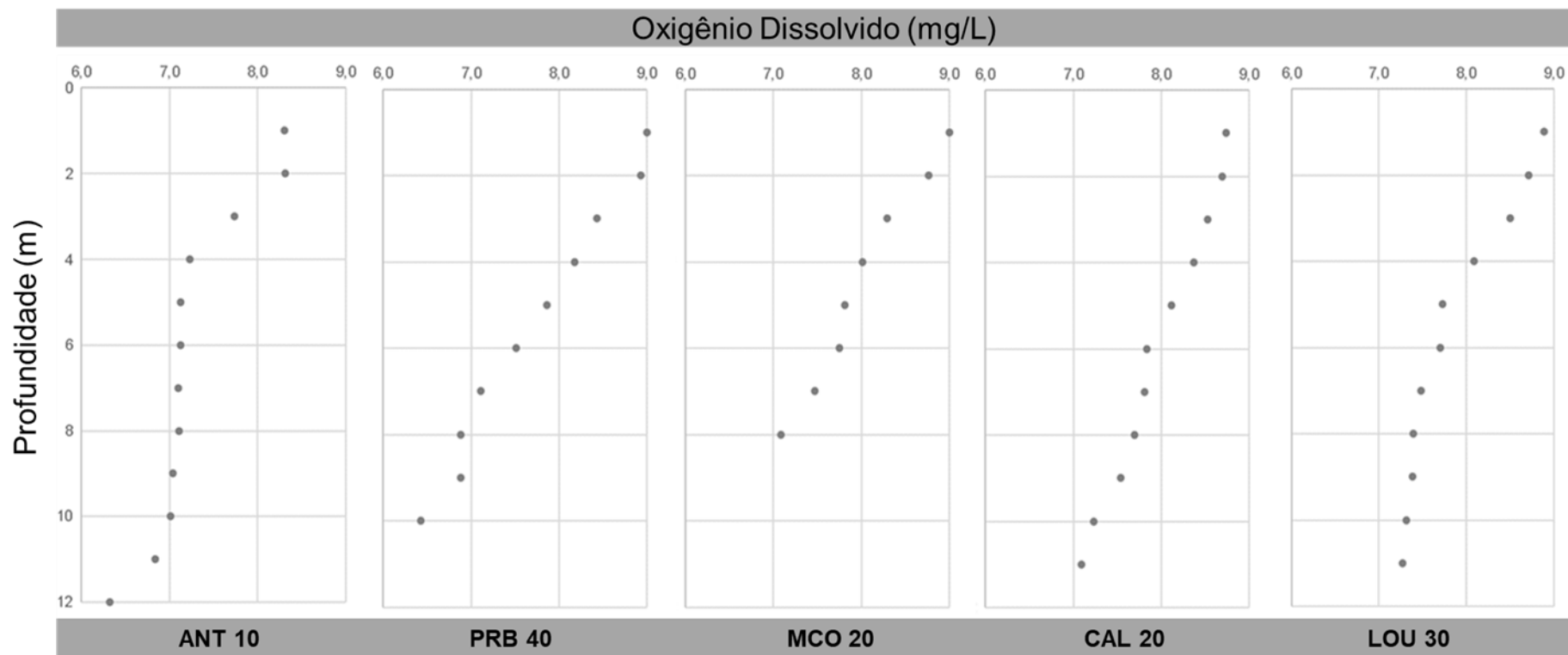


Figura 12. Perfis de oxigênio nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.

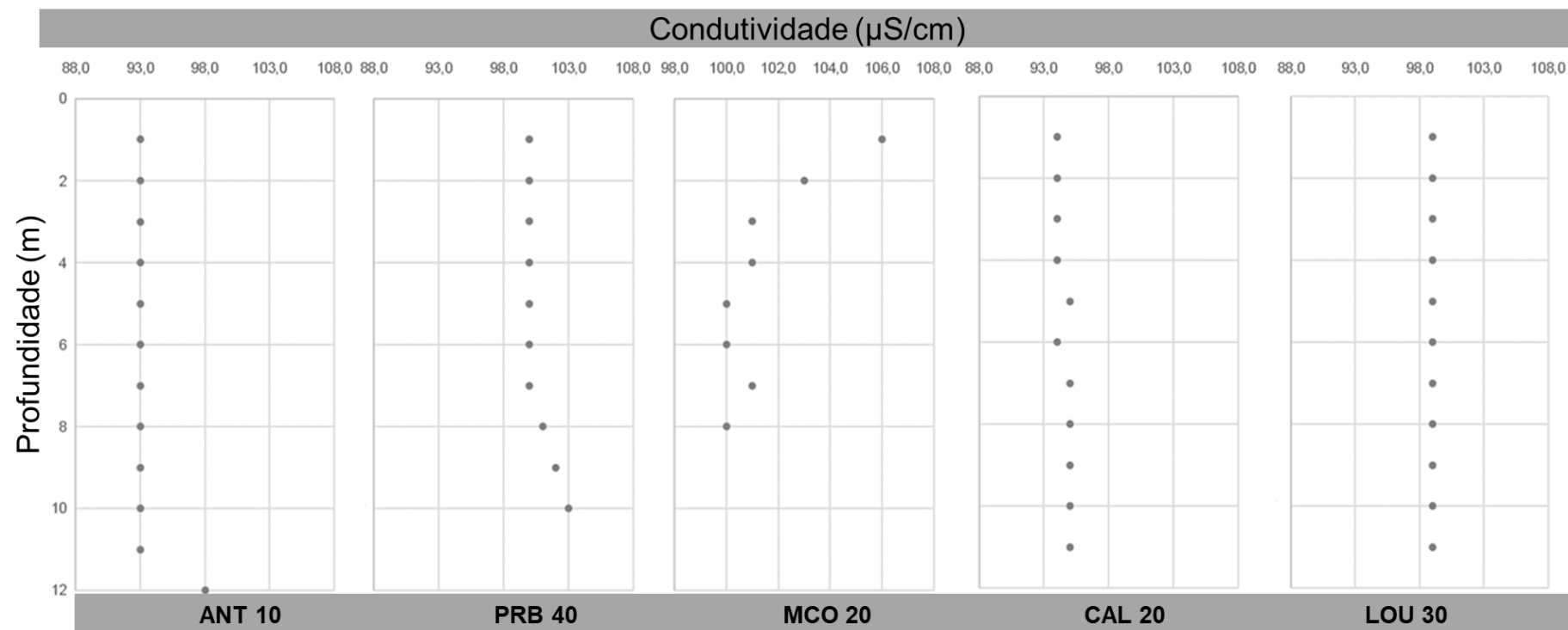


Figura 13. Perfis de condutividade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.

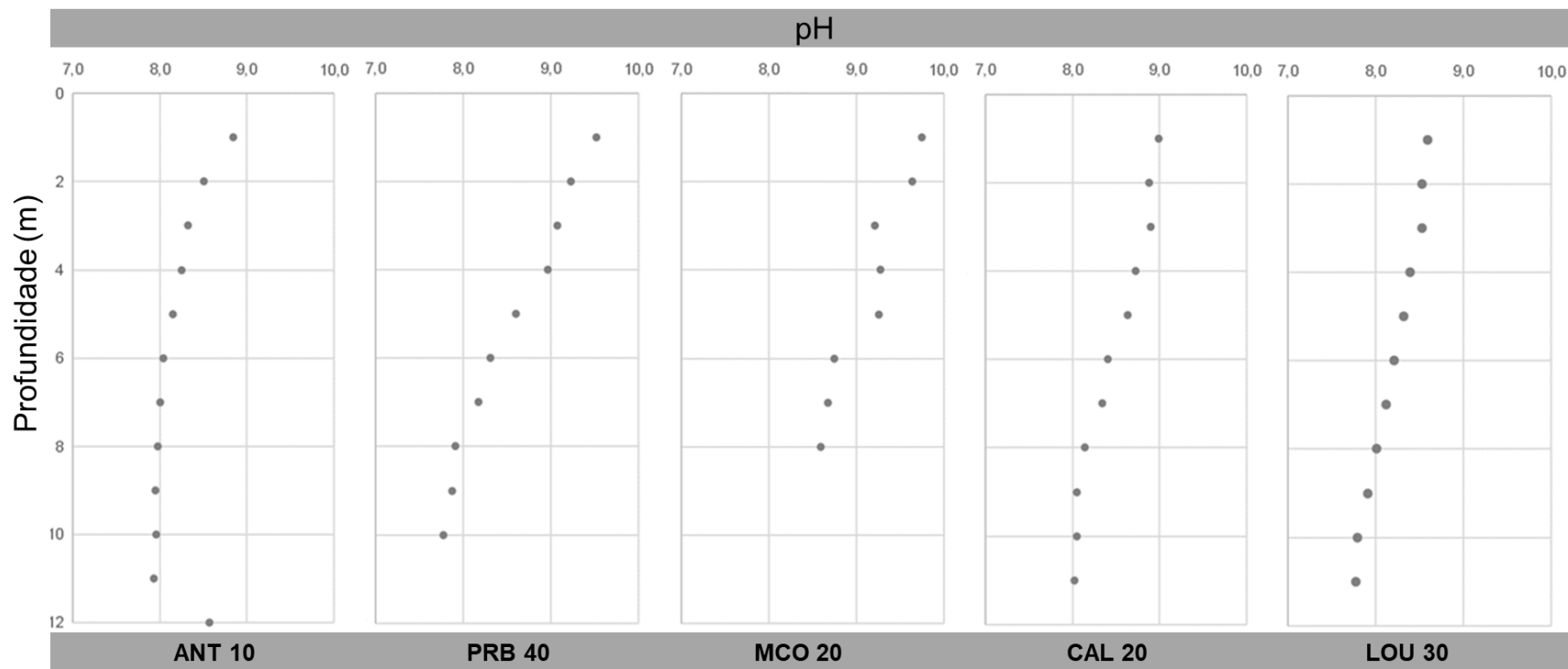


Figura 14. Perfis de pH nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.

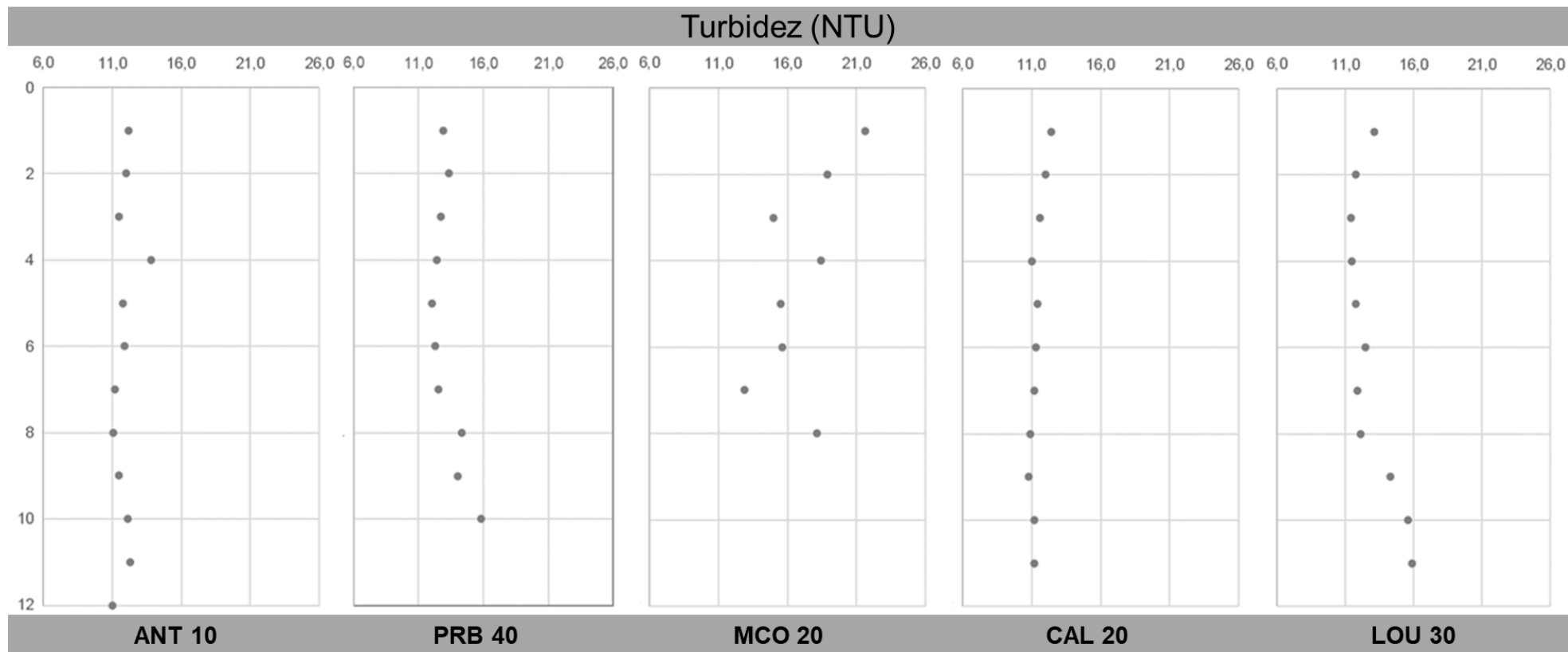


Figura 15. Perfis de turbidez nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.



A concentração de sólidos em suspensão fixos foram menores que o limite de detecção do método adotado ( $< 2,5$  mg/L) na maioria das estações de amostragem. Nas demais estações as concentrações de sólidos em suspensão fixos variaram de 4 mg/L em PRB 30, PRB 40, PRB 60, CAL 20 e LOU 30 a 12 mg/L em PRB 20 (**Figura 16**).

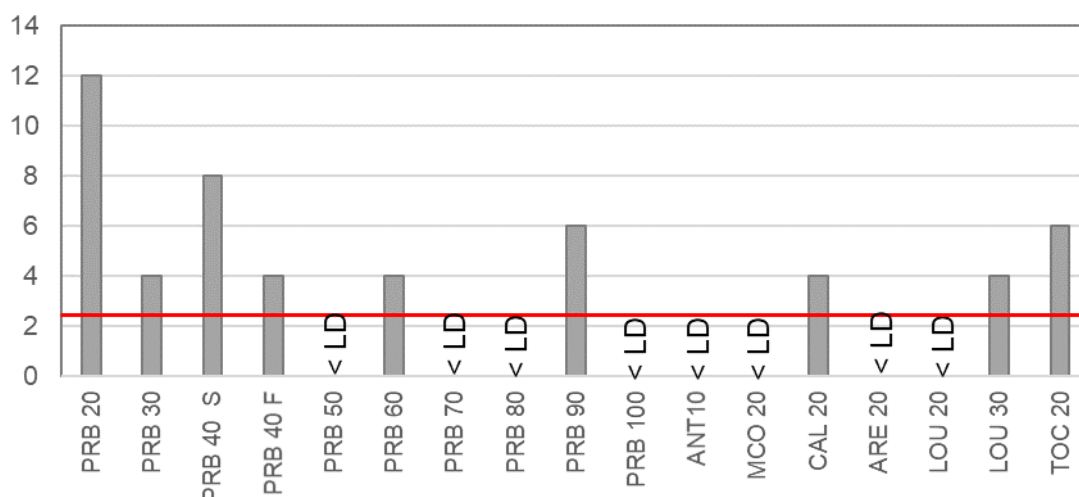


Figura 16. **Sólidos em suspensão fixos nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.** < LD = menor que o limite de detecção do método adotado.

As concentrações de sólidos em suspensão voláteis foram menores que o limite de detecção do método adotado ( $< 2,5$  mg/L) na maioria das estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 60, PRB 90 e TOC 20 (6 mg/L) e alcançando o valor máximo registrado (10 mg/L) em PRB 40 (**Figura 17**).

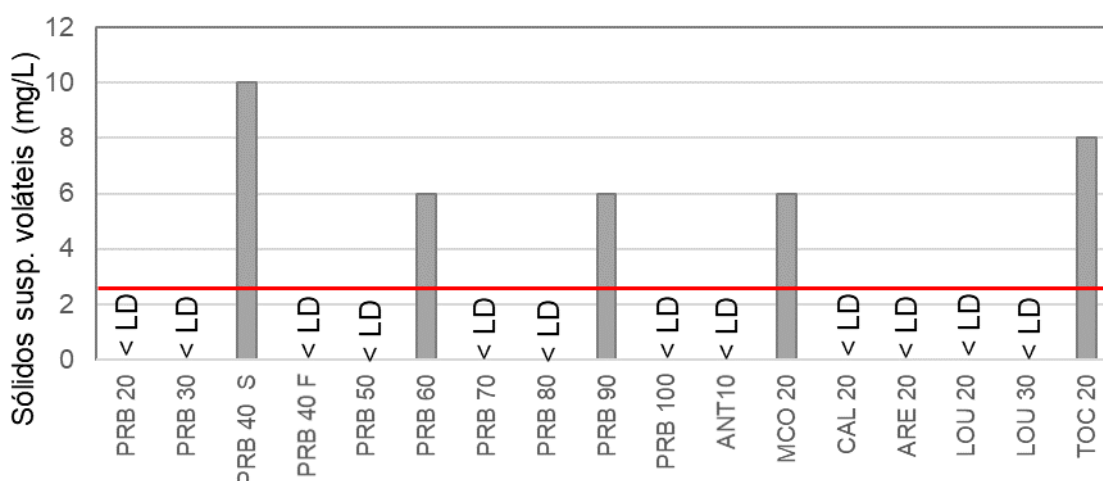
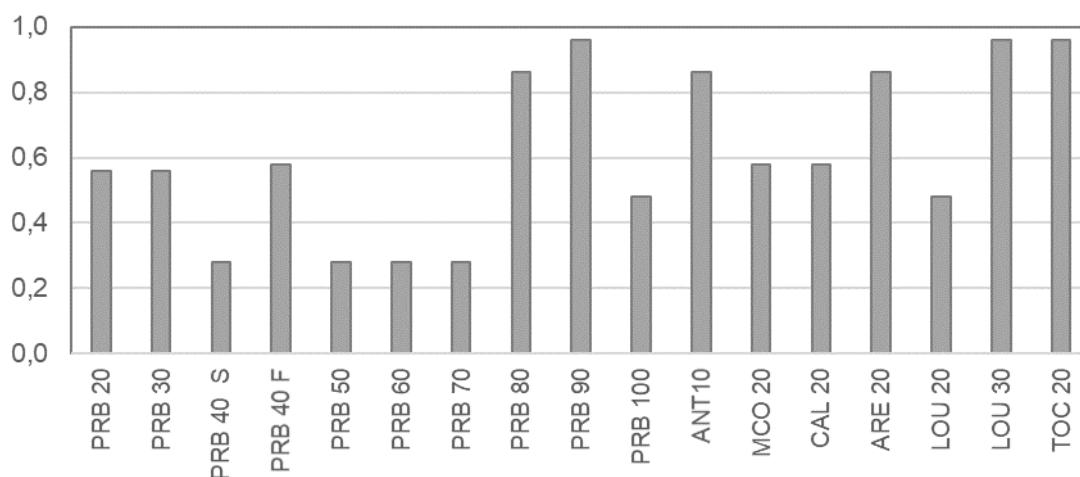


Figura 17. **Sólidos em suspensão voláteis nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017.** A linha vermelha indica o limite de detecção para o método de análise. < LD= menor que o limite de detecção do método adotado.

O nitrogênio total é dado pela soma das frações de nitrogênio orgânica e inorgânica na água. Em ambientes aquáticos o nitrogênio total é um dos principais indicadores de eutrofização, juntamente com o fósforo e a clorofila-*a*. A concentração de nitrogênio total foi sempre <1,0 mg/L e tendo variado de 0,30 mg/L em PRB 40, PRB 50, PRB 60 e PRB 70, a 0,96 mg/L em PRB 90, LOU 30 e TOC 20 (**Figura 18**). O valor médio de nitrogênio total foi de  $0,61 \pm 0,3$  mg/L (média  $\pm$  DP).



**Figura 18. Nitrogênio total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplicio em setembro de 2017.**

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode indicar eutrofização das águas. O fósforo total esteve abaixo do limite estabelecido pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para corpos d'água intermediários (com características intermediárias entre lóticos e lânticos) em todas as estações de amostragem. O valor médio de fósforo total foi de  $0,03 \pm 0,02$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 19**).

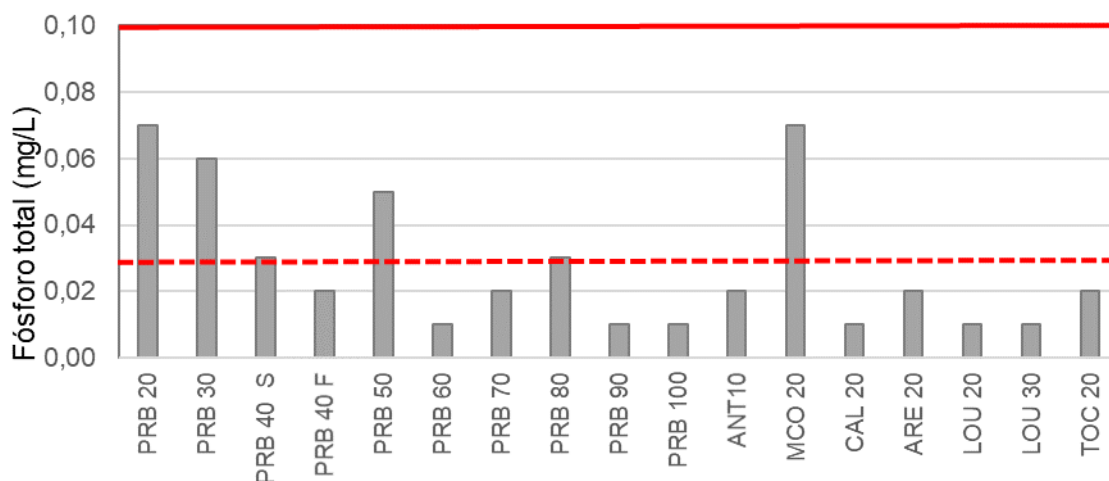


Figura 19. Fósforo total na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximos para corpos de água lóticos (linha sólida) e intermediários (linha pontilhada) de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.

A alcalinidade representa a capacidade de sistemas aquosos para neutralizar ácidos, resistindo às mudanças de pH, sem que ocorram distúrbios das atividades biológicas, ou seja, representa a capacidade de tamponamento do sistema. Em águas doces naturais os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Esteves, 1998) conferem esta propriedade à água. A alcalinidade variou de 15,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L (PRB 80) a 20,5 mg CaCO<sub>3</sub>/L na estação CAL 20. O valor médio de alcalinidade foi de 18,0 ± 1,4 mg CaCO<sub>3</sub>/L (média ± DP) (Figura 20).

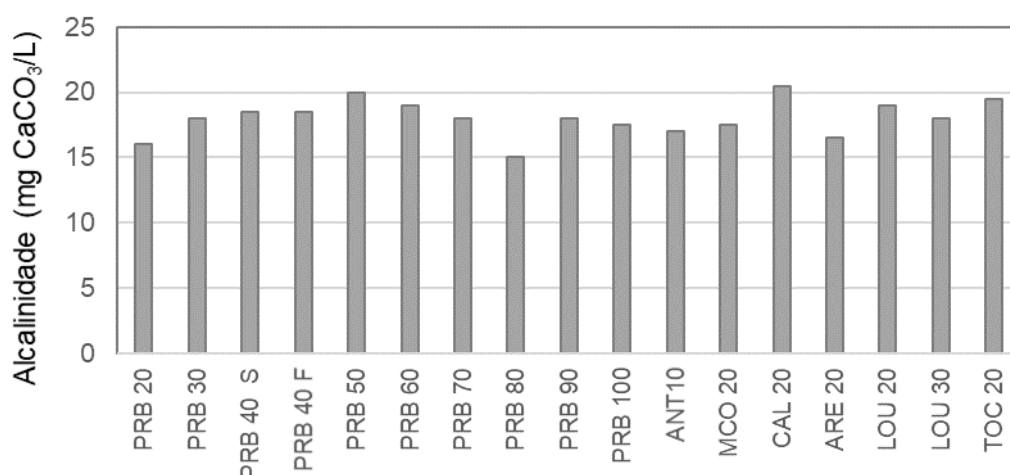


Figura 20. Alcalinidade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.

As concentrações de ferro total foram inferiores ao limite de detecção do método (0,01 mg/L) na maioria das estações e variou de 0,10 mg/L em PRB 30 a 0,99 mg/L em PRB 40 fundo. O valor médio foi de  $0,09 \pm 0,24$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 21**).

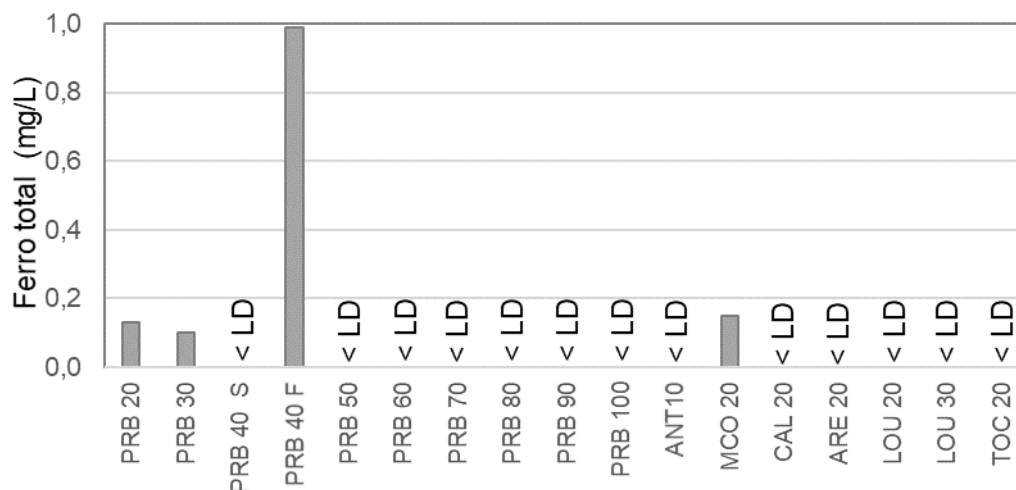


Figura 21. **Ferro total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017.**

As concentrações de ferro dissolvido estiveram abaixo do limite de detecção do método ( $<0,01$  mg/L) na maioria das estações de amostragem e abaixo do limite permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para corpod d'água classe II ( $<0,03$  mg/L) em todas as estações de amostragem. As exceções foram PRB 40 (0,99 mg/L) e TOC 20 (0,15 mg/L). O valor médio nas estações de amostragem foi  $0,02 \pm 0,03$  mg/L (média  $\pm$  DP, **Figura 22**).

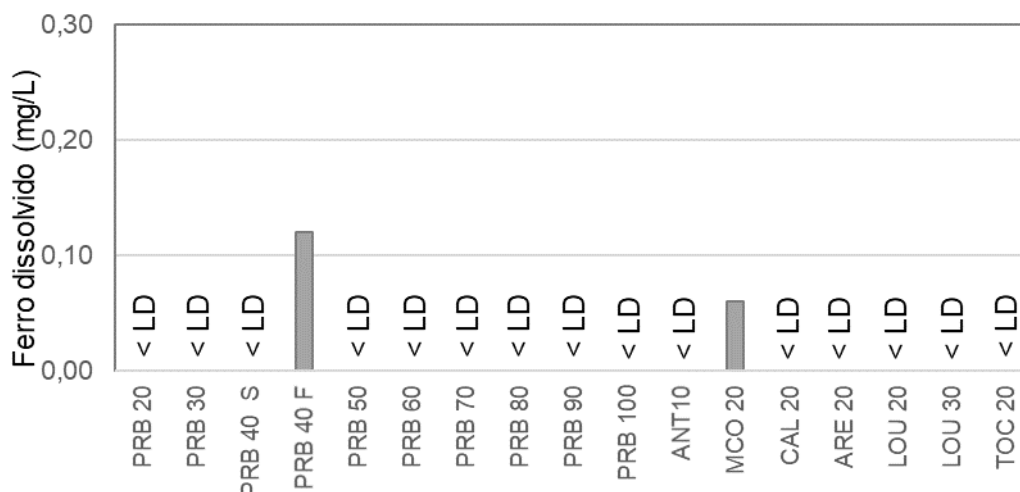


Figura 22. **Ferro dissolvido nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017.**

A clorofila é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila-*a* é a mais comum entre as clorofilas (*a*, *b*, *c* e *d*) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas. Desta maneira, a clorofila-*a* é um indicador da biomassa de algas, sendo considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos. As concentrações de clorofila-*a* estiveram acima do limite máximo (<1,0 µg/L) preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (30 µg/L), com exceção de PRB 80, PRB 100, MCO 20e TOC 20. Nas demais estações variou de 2,7 µg/L em PRB 70 a 24,9 µg/L em PRB 60 (**Figura 23**).

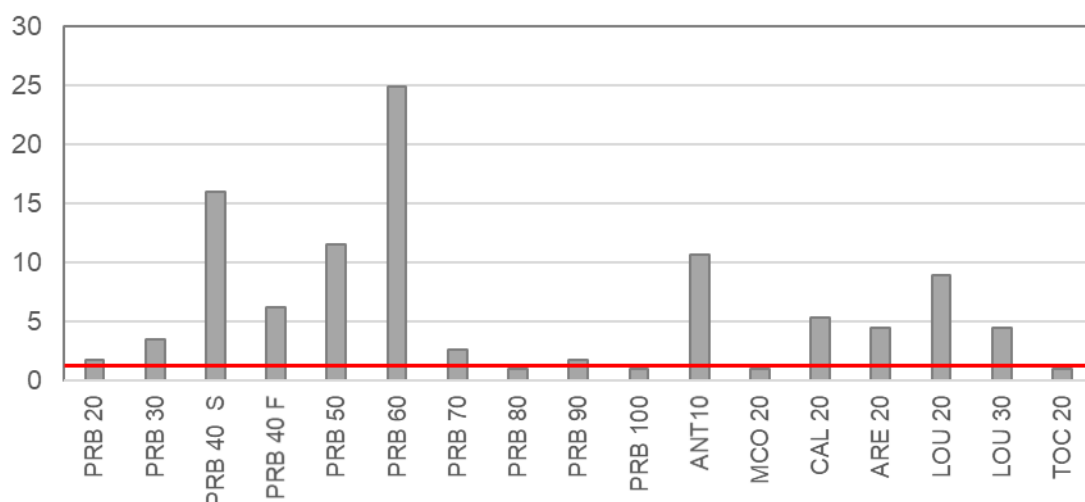


Figura 23. **Clorofila-a nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A demanda bioquímica de oxigênio, ou DBO, corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação biológica da matéria orgânica. À exceção de MCO 20 cuja a DBO foi de 2,8 mg/L, as demais estações amostradas apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do método (2,0 mg/L). Por isso, esta variável não foi representada graficamente. Além da DBO, as concentrações de fenóis (<0,001) e de nitrogênio amoniacal (<0,06) foram inferiores aos limites de detecção dos métodos em todos os pontos de amostragem.

### 3.1 RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS

As bactérias do grupo coliformes são bacilos gram negativos, de vida livre, classificados na família Enterobacteriaceae. Comumente encontrados no ambiente, no trato intestinal de humanos e certos animais homeotérmicos, são excelentes indicadores de contaminação da água

por organismos patogênicos, dado a sua maior viabilidade e resistência nos corpos d'água, por apresentarem-se em maior número que os microrganismos patogênicos e não se reproduzirem no meio ambiente (Cabelli, 1978). A ausência destas bactérias, que são provenientes do carreamento pela água da chuva e do lançamento de esgoto doméstico em corpos receptores, implica em uma água bacteriologicamente potável. Bactérias do grupo coliformes são divididas em coliformes totais e coliformes termotolerantes. Os coliformes totais englobam espécies generalistas como dos gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, capazes de crescer à temperatura ambiente. São aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e oxidase negativos. Um subgrupo destes, os coliformes termotolerantes, também conhecidos como coliformes fecais, são muito bem representados pela *Escherichia coli*, caracterizada como o único coliforme de origem fecal e por apresentar as enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase.

As densidades de coliformes totais variaram de zero (ausência de coliformes) nas estações PRB 40-S, PRB 40-F, PRB 50, PRB 60, ANT 10, CAL 20, LOU 30 a 2200,0 NMP/100 mL em PRB 20. A Resolução N° 357/2005 do CONAMA não estipula valores máximos para coliformes totais, sendo o limite máximo para coliformes termotolerantes em 100 mL para águas de classe 2 de 1.000 NMP/100 mL. Assim sendo, as densidades de coliformes termotolerantes estiveram acima do limite máximo estabelecido por esta resolução apenas em PRB 20 (2.200,0 NMP/100 mL; Figura 25).

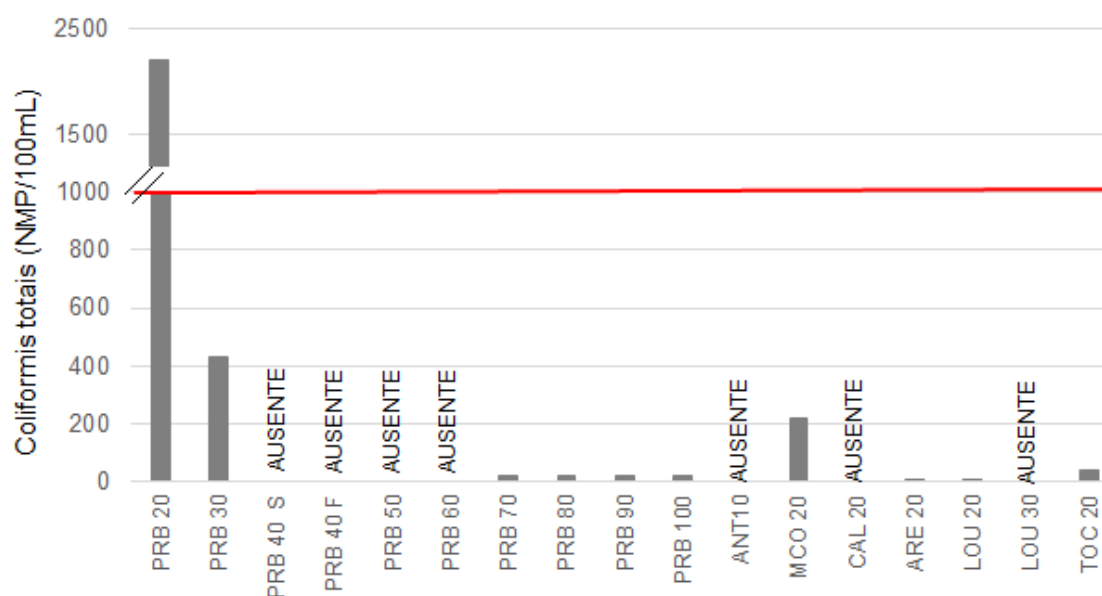


Figura 24. **Densidade de coliformes totais nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo permitido para corpo de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n°357/2005. As linhas pretas diagonais no eixo y indicam corte na escala.**

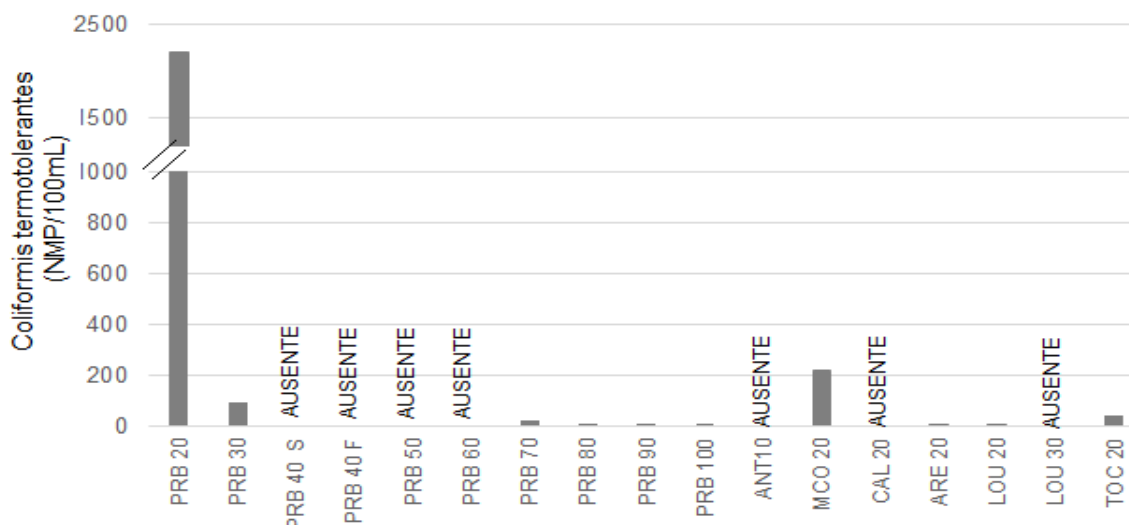


Figura 25. **Densidade de coliformes termotolerantes nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em setembro de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005. As linhas pretas diagonais no eixo y indicam corte na escala.**

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na coleta realizada no reservatório do AHE Simplício em setembro de 2017, foi observada uma massa d'água com temperaturas superficiais relativamente homogêneas espacialmente e verticalmente. Apenas a estação MCO 20 apresentou variação acentuada nos parâmetros condutividade, pH e turbidez a partir dos 2m de profundidade.

De modo geral, não foram registradas ocorrências de valores fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Exceções foram, apenas o pH em PRB 40, MCO 20 e TOC 20, a clorofila a, na maioria das estações (exceção de PRB 80, PRB 100, MCO 20 e TOC 20) e coliformes termotolerantes nas estações PRB 20 e MCO 20 estiveram acima daqueles limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005, indicando baixo impacto por fontes poluentes.

#### 5 Referências

APHA – American Public Health Association, AWWA – American Water Works Association, WPCF – Water Pollution Control Federation. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª Ed. Washington, DC.

Cabelli VJ. 1978. Microbial indicators system for assessing water quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, n.48, p.613-617.