

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

Campanha: Julho de 2017

**Relatório de  
acompanhamento 2**

Agosto de 2017



## **EQUIPE TÉCNICA**

Dra. Raquel Fernandes Mendonça

Coordenação Técnica, análise de dados e elaboração de relatórios

Msc. Carlos Henrique Eckhardt Duque Estrada

Coleta e análise de amostras

## **APRESENTAÇÃO**

Em cumprimento ao Termo Contratual n° 8000009726, a R2N Consultoria Ambiental apresenta o Relatório de Acompanhamento 2 (segundo produto), referente à segunda campanha do Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, realizada nos dias 10 e 11 julho 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>4</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
2.1	ESTAÇÕES DE COLETA .....	5
2.1	COLETA, ACONDICIONAMENTO E ANÁLISES DE AMOSTRAS .....	7
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
3.1	RESULTADOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS .....	10
3.2	RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS .....	27
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</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, ao leste. Ao 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 completamente antrópico, 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, à 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 pólo industrial do estado de Minas Gerais.

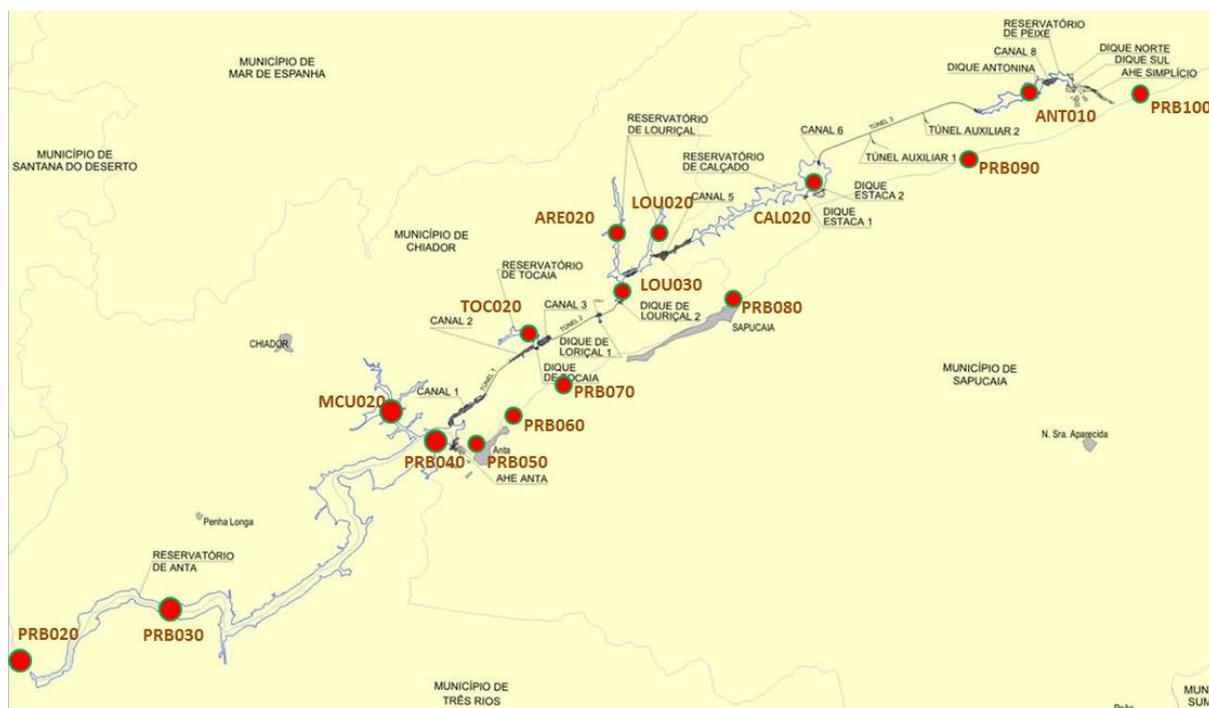
Desde sua nascente até sua foz em forma de delta em Atafona e São João da Barra, no norte fluminense, o rio Paraíba do Sul percorre um percurso total de 1120 km, passando por 180 municípios, sendo 53 no estado do Rio de Janeiro, 88 em Minas Gerais e 39 em São Paulo. Com uma população estimada em 5,5 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 anexo ao 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 julho 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
PRB 20	Rio Paraíba do Sul, a montante do Reservatório de Anta	694571	7556653
PRB 30	Rio Paraíba do Sul, área de abrangência do Reservatório de Anta	698739	7555537
PRB 40	Rio Paraíba do Sul, Reservatório de Anta, à montante da barragem	706178	7562279
PRB 50	Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Anta-RJ	706843	7561801
PRB 60	Rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Anta-RJ	707833	7562343
PRB 70	Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Sapucaia-RJ	711720	7564729
PRB 80	Rio Paraíba do Sul, na cidade de Sapucaia-RJ	715890	7566723
PRB 90	Rio Paraíba do Sul, a montante do canal de fuga da AHE Simplício	728716	7573357
PRB 100	Rio Paraíba do Sul, a jusante do canal de fuga da AHE Simplício	734603	7576270
ANT 10	Reservatório de Antonina	725759	7573973
ARE 25	Córrego Areia, a montante do Dique Alga1, Reservatório de Louriçal	712000	7568400
CAL 20	Reservatório de Calçado	715150	7569394
LOU 25	Córrego Louriçal, a montante do Dique Alga2, Reservatório de Louriçal	713200	7568800
LOU 30	Córrego Louriçal, a jusante do Dique Alga2, Reservatório de Louriçal	712436	7567925
MCO 20	Rio Macuco, Reservatório de Anta	704459	7562707
TOC 20	Córrego Tocaia, Reservatório de Tocaia	708837	7566007



**Figura 2. Estações de campo onde foram realizadas as amostragens em julho 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 quantificados com resolução de um 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 na estação PRB 40, também no fundo. A coleta de 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 uma garrafa de 5 litros. Os frascos de DBO e coliformes foram enviados para análise imediatamente após a coleta. As garrafas de 5 litros foram transportadas até a base de campo e, então, distribuída em frascos específicos a serem destinados ao laboratório para análise. Todas as amostras foram mantidas resfriadas durante todo o tempo de acondicionamento, desde o momento da coleta até a análise.

Nesta campanha foram amostrados e analisados diversos parâmetros da água (Quadro 2), cujos o 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

A **Tabela 1** reúne os dados obtidos em campo, durante a coleta de julho 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. A **Tabela 2** reúne os dados obtidos em laboratório, referentes à coleta de julho de 2017. Os dados são apresentados graficamente nas **Figuras 16 a 25**, fazendo referência aos limites estabelecidos pela legislação vigente, sempre que pertinente. O ponto PRB 40, amostrado foi amostrado em superfície (PRB 40 S) e fundo (PRB 40 F).



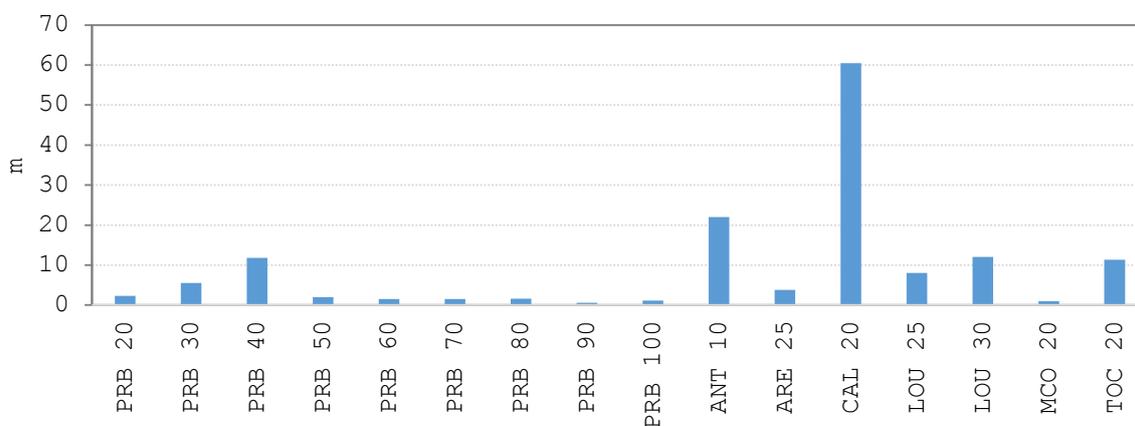
**Tabela 1. Resultados das análises realizadas em campo, durante a campanha de julho de 2017, no reservatório do AHE Simplício.**

Ponto	PRB 20	PRB 30	PRB 40	PRB 50	PRB 60	PRB 70	PRB 80	PRB 90	PRB 100	ANT 10	ARE 25	CAL 20	LOU 25	LOU 30	MCO 20	TOC 20
Data	10-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	11-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	10-Jul-17	11-Jul-17	11-Jul-17	11-Jul-17	11-Jul-17	11-Jul-17	10-Jul-17
Hora	9:20	10:10	11:30	12:20	13:10	13:40	12:24	16:30	16:06	15:00	11:10	8:40	11:53	11:30	10:25	11:10
Tempo	Nublado	Nublado	Sol	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Sol							
Profundidade (m)	2,30	5,50	11,80	2,00	1,50	1,50	1,60	0,60	1,10	22,00	3,80	60,50	8,00	12,00	1,00	11,30
Temperatura do ar (°C)	19,75	19,70	23,10	23,40	23,00	23,00	21,81	21,70	21,70	22,40	22,55	19,17	20,55	20,55	20,74	23,00
Temperatura da água (°C)	19,84	20,01	20,86	20,09	20,28	21,36	20,31	20,99	21,24	22,81	20,19	20,85	20,11	20,10	20,79	21,53
Transparência (m)	3,9	3,3	3,3	Total	Total	Total	Total	Total	Total	4,8	6	7,2	6,6	6	Total	4,5
pH	8,50	7,70	8,48	8,34	8,53	8,44	8,55	8,87	8,57	8,91	8,81	9,00	8,29	8,70	9,45	8,91
Turbidez (NTU)	7,1	9,3	3,3	7,6	3,8	0,9	2,2	1,3	1,2	1,1	2,0	2,2	2,1	1,3	6,7	6,5
Condutividade (µS/cm)	91	89	90	89	88	88	89	88	89	91	81	93	87	88	92	91
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,56	7,40	8,72	11,05	11,04	9,84	10,26	7,77	9,38	10,21	5,65	9,01	5,60	9,40	8,36	11,41
Oxigênio dissolvido (% sat)	73,40	83,70	100,10	125,10	125,10	113,60	116,80	89,40	108,30	121,30	64,10	103,50	63,40	106,40	96,10	132,10

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

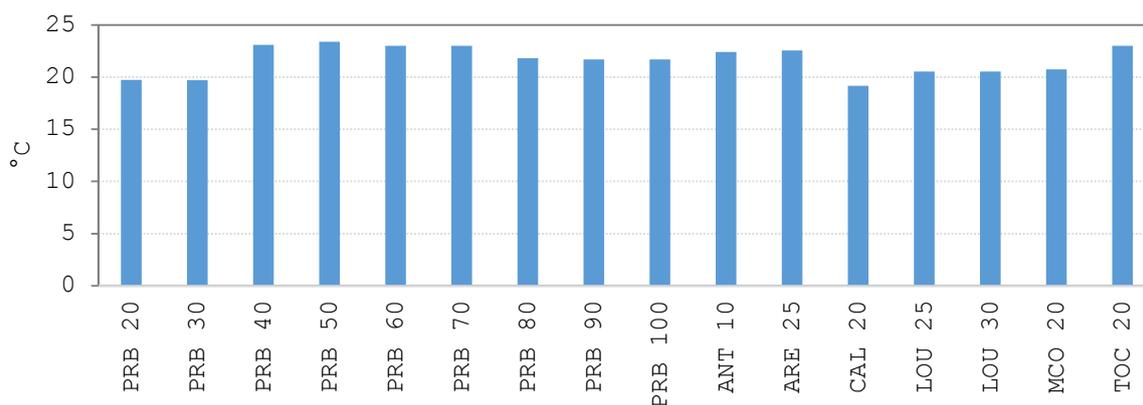
Ponto	PRB 20	PRB 30	PRB 40 sup	PRB 40 fdo	PRB 50	PRB 60	PRB 70	PRB 80	PRB 90	PRB 100	ANT 10	ARE 25	CAL 20	LOU 25	LOU 30	MCO 20	TOC 20
Sólidos susp. fixos (mg/L)	<2,5	4	<2,5	4	4	6	<2,5	<2,5	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	6	<2,5	<2,5
Sólidos susp. voláteis (mg/L)	<2,5	6	8	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
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
Nitrogênio total (mg/L)	1,28	1,20	1,08	0,50	1,28	1,26	1,38	0,88	1,56	1,08	1,36	0,96	0,98	0,58	1,18	0,98	0,90
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<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)	0,08	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,06	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	<0,01	0,01
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	17,5	16,0	18,0	15,5	13,5	12,5	16,0	15,5	17,5	21,0	17,0	17,5	17,5	17,5	16,5	21,5	18,0
DBO (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Colif. termotolerantes (NMP/100ml)	2 Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	15						Ausente	Ausente
Colif. totais (NMP/100ml)	2 Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	15						Ausente	Ausente
Ferro total (mg/L)			0,20	0,50	0,28	0,27	0,26	0,23			0,08	0,18		0,27	0,19		
Ferro dissolvido (mg/L)			0,02	0,07	0,04	0,05	0,03	<0,01			<0,01	<0,01		0,04	<0,01		
Clorofila a (µg/L)	<1,0	<1,0	<1,0		8,9	3,56	5,34	6,23	6,23	1,78	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	9,79	<1,0

A profundidade das estações de coleta variou ao longo dos pontos amostrados, com maiores valores nos pontos de reservatórios. O ponto mais profundo foi o CAL 20, localizado no reservatório de Calçado, com 60,5 m (**Figura 3**).



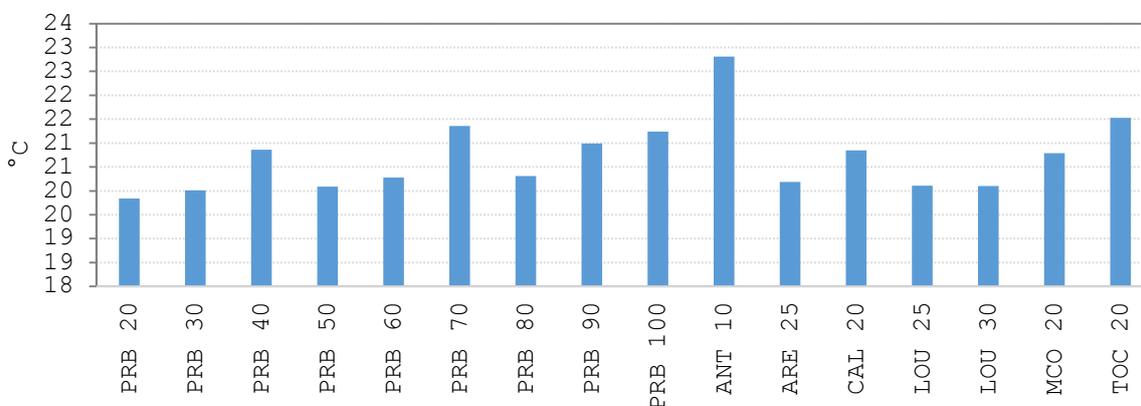
**Figura 3. Profundidade máxima registrada nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

A temperatura do ar é um dos fatores que influenciam processos físicos, químicos e, indiretamente, biológicos em ecossistemas aquáticos. As trocas de gases (especialmente gás carbônico e oxigênio) na interface água-ar são exemplos de processos cujas taxas dependem da temperatura atmosférica. A variação na temperatura do ar foi influenciada pelo horário de amostragem, aumentando no período da tarde. Nos dois dias de amostragem a temperatura média do ar foi de  $21,6 \pm 1,4$  °C (média  $\pm$  DP), sendo que os valores variaram de 19,2 a 22,8 °C (**Figura 4**).



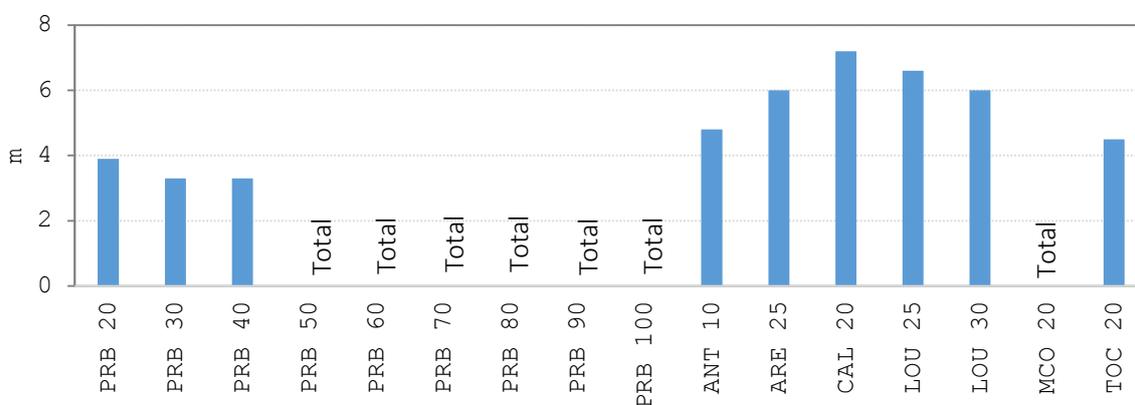
**Figura 4. Temperatura do ar medida nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017**

A temperatura da água apresentou variação entre os pontos de amostragem distinta da temperatura do ar. O valor médio registrado foi de  $20,7 \pm 0,8$  °C (média  $\pm$  DP), com mínima de 19,8 no ponto PRB 20 e máxima de 22,8 no ponto ANT 10 (**Figura 5**),



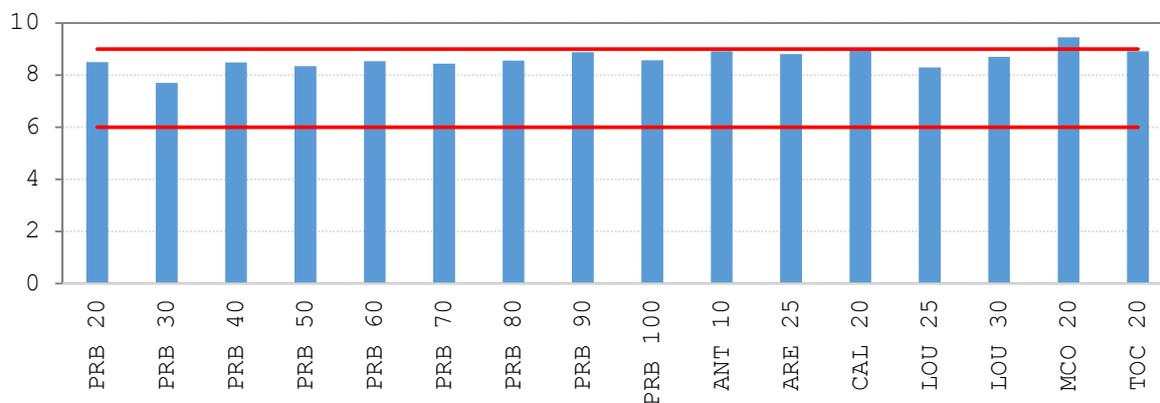
**Figura 5. Temperatura da água medida na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

A transparência da água está inversamente relacionada aos valores de turbidez e aponta a região na coluna d'água em que ocorre fotossíntese. Ambientes com turbidez mais elevada apresentam menor transparência da água. O maior valor de transparência registrado nessa campanha foi de 7,2 m, na estação CAL 20 (**Figura 6**), local que também apresentou baixo valor de turbidez relação às demais estações (ver Figura 8). A menor transparência, de 3,3 m, foi registrada nas estações PRB 30 e PRB 40. Devido à reduzida profundidade de várias das estações de amostragem, o disco de Secchi foi visível até o fundo (transparência total).



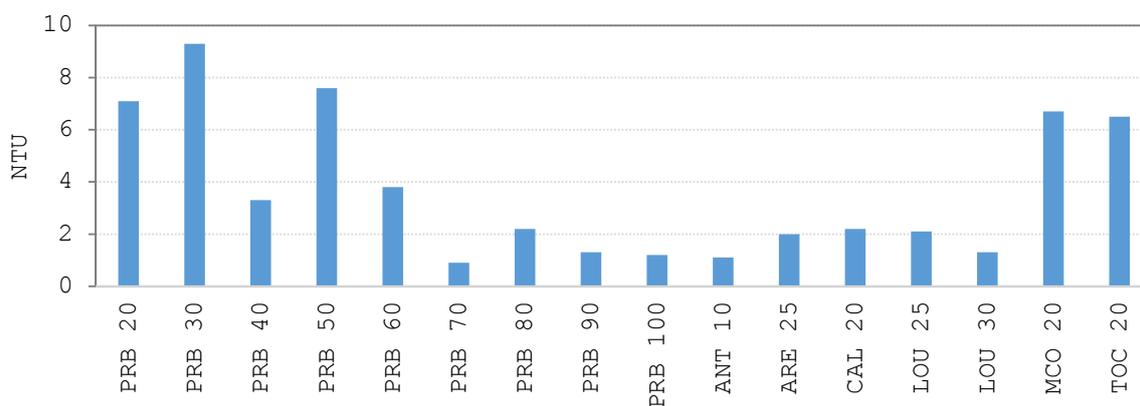
**Figura 6. Transparência da água e nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

O pH das estações amostradas esteve dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, com exceção da estação MCO 20, que apresentou valor elevado (pH 9,45, **Figura 7**). Em média, o pH das estações foi de  $8,6 \pm 0,4$  mg/L (média  $\pm$  DP).



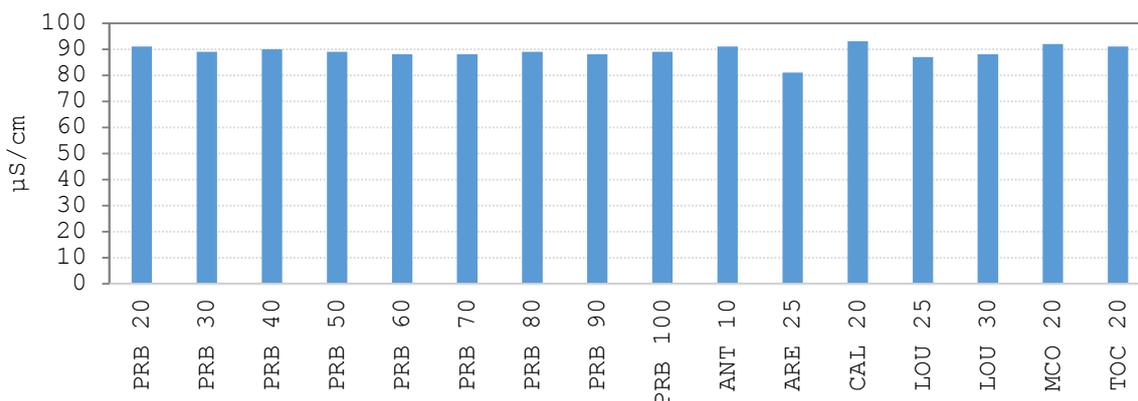
**Figura 7. pH da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximo e mínimo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A 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 em todas as estações (**Figura 8**). O valor médio para a turbidez nas estações de campo foi de  $3,7 \pm 2,8$  NTU (média  $\pm$  DP), com valor mais elevado na estação ARE 25.



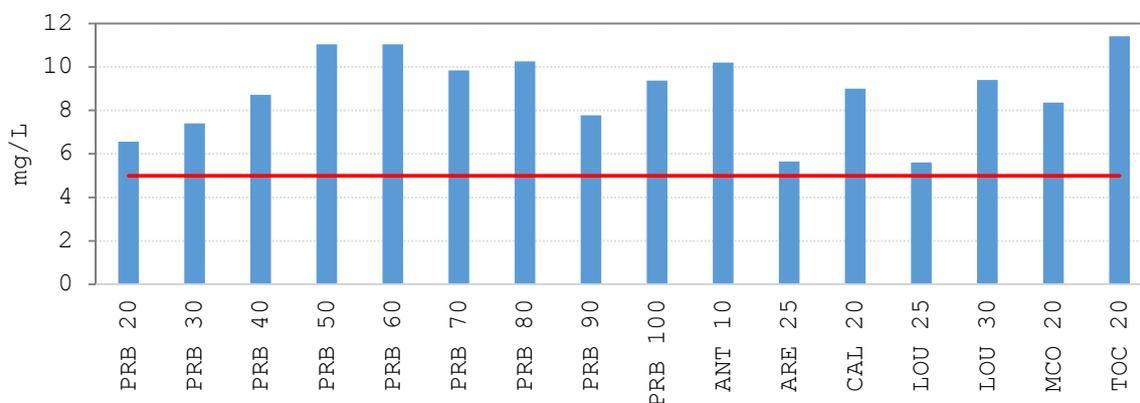
**Figura 8. Turbidez da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017. A linha vermelha indica o limite máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

A 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 foi bastante homogênea entre as estações de amostragem, variando entre 81 uS/cm na estação ARE 25 e 93 uS/cm na estação CAL 20 (Figura 9).



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

Na campanha de julho de 2017, as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) estiveram acima do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em todas as estações (Figura 10). Os valores registrados foram, em geral, elevados, com mínimo de 5,6 mg/L nas estações ARE 25 e LOU 25 e máxima de 11,4 mg/L na estação TOC 20. Em média, a concentração de oxigênio dissolvido foi de  $8,8 \pm 1,8$  mg/L (média  $\pm$  DP).



**Figura 10. Oxigênio dissolvido na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho 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.**

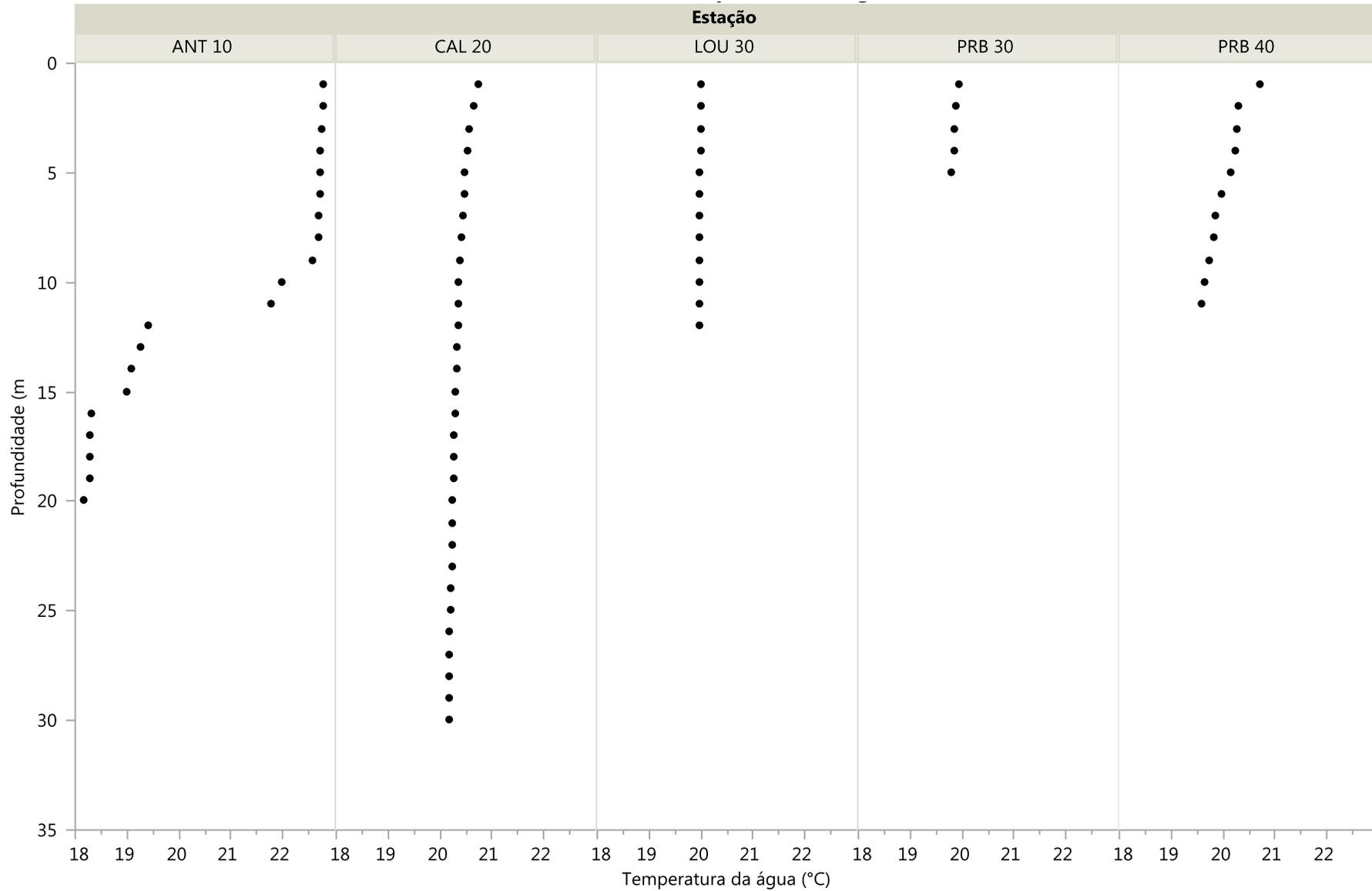
Os perfis de temperatura da água mostram que as estações ANT 10 e PRB 40 estavam estratificadas durante a campanha de julho de 2017, com termoclinas em aproximadamente 10 e 2 metros, respectivamente. Já as demais estações apresentaram pouca variabilidade de temperatura ao longo do perfil vertical (**Figura 11**).

Já os perfis de oxigênio dissolvido apresentaram queda acentuada das concentrações em direção ao fundo, com ocorrência de anoxia no fundo da estação CAL 20 (**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 decompõe ao sedimentar nas camadas mais profundas, reduzindo as concentrações de oxigênio.

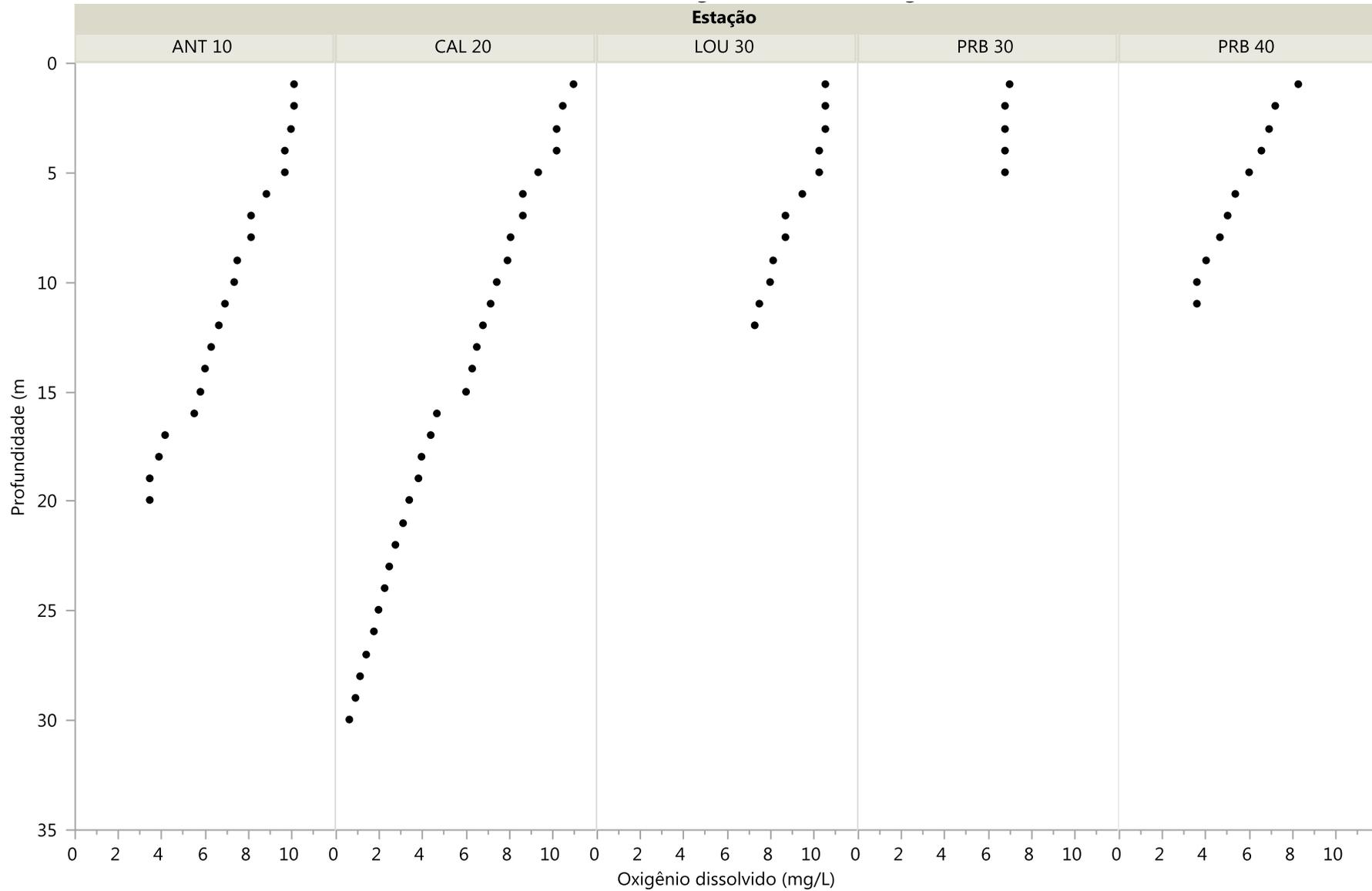
Com exceção das estações LOU 30 e PRB 30, os perfis de condutividade apresentaram queda dos valores nas camadas mais profundas (**Figura 13**).

Assim como na campanha de junho, os valores de pH, foram mais elevados na superfície das estações de coleta, com redução em direção ao fundo (**Figura 14**). Este padrão é 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 apresentou sutil aumento em direção ao fundo nos perfis realizados nas estações de coleta do AHE Simplício em julho de 2017. A exceção foi a estação CAL 20, onde os valores foram relativamente constantes ao longo do perfil vertical (**Figura 15**).



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



**Figura 12. Perfis de oxigênio nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplicio, em julho de 2017.**

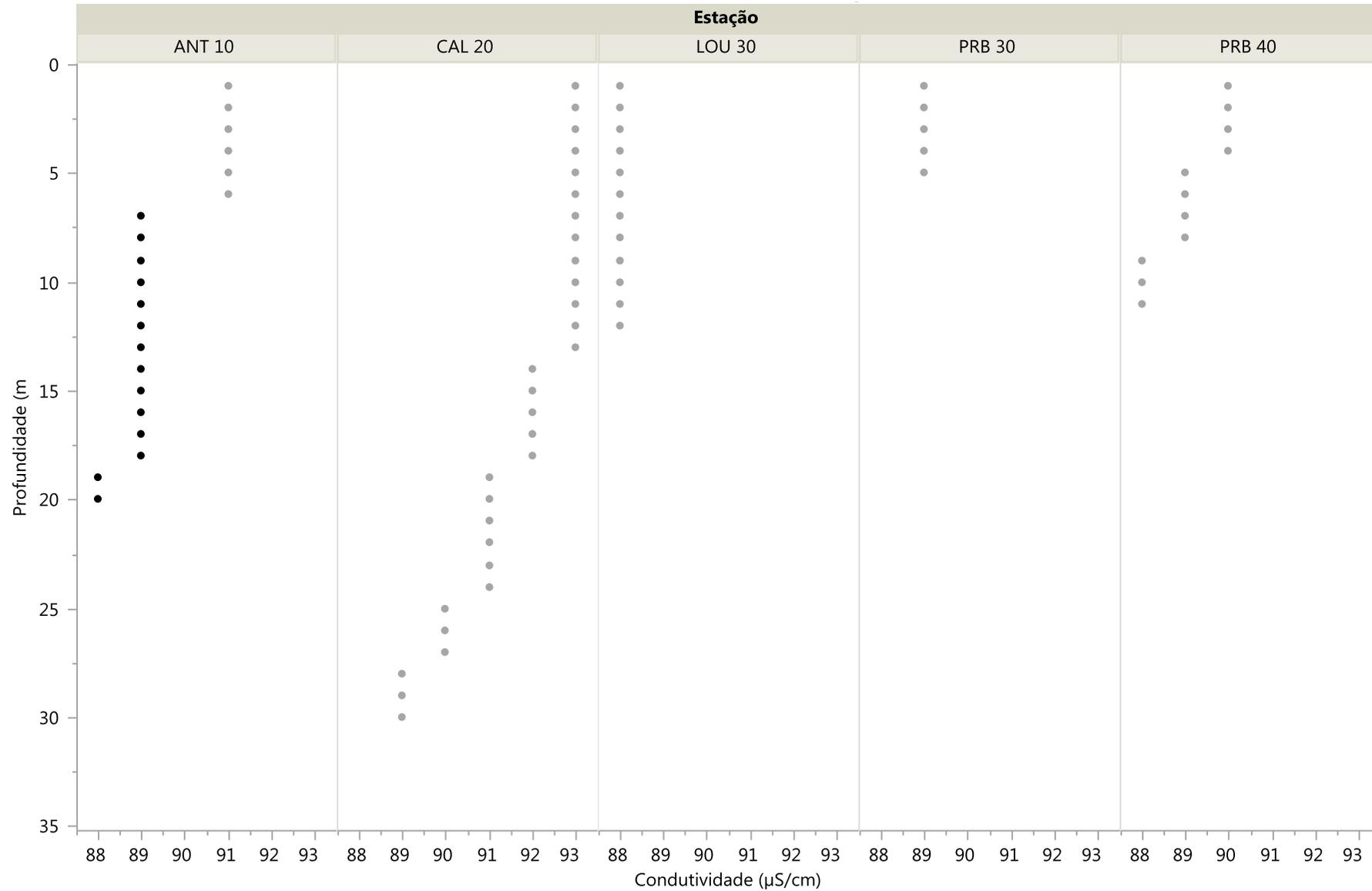
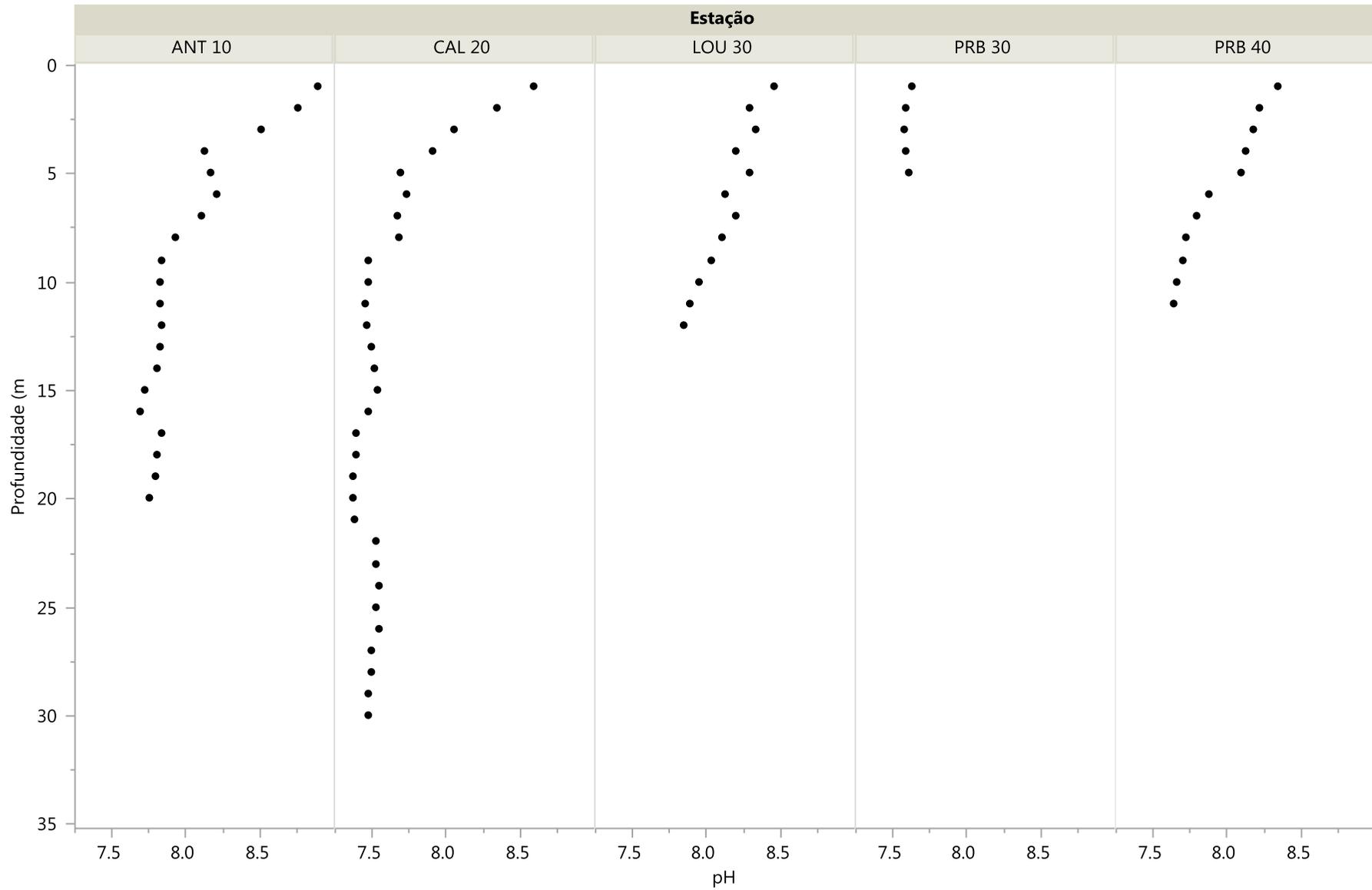
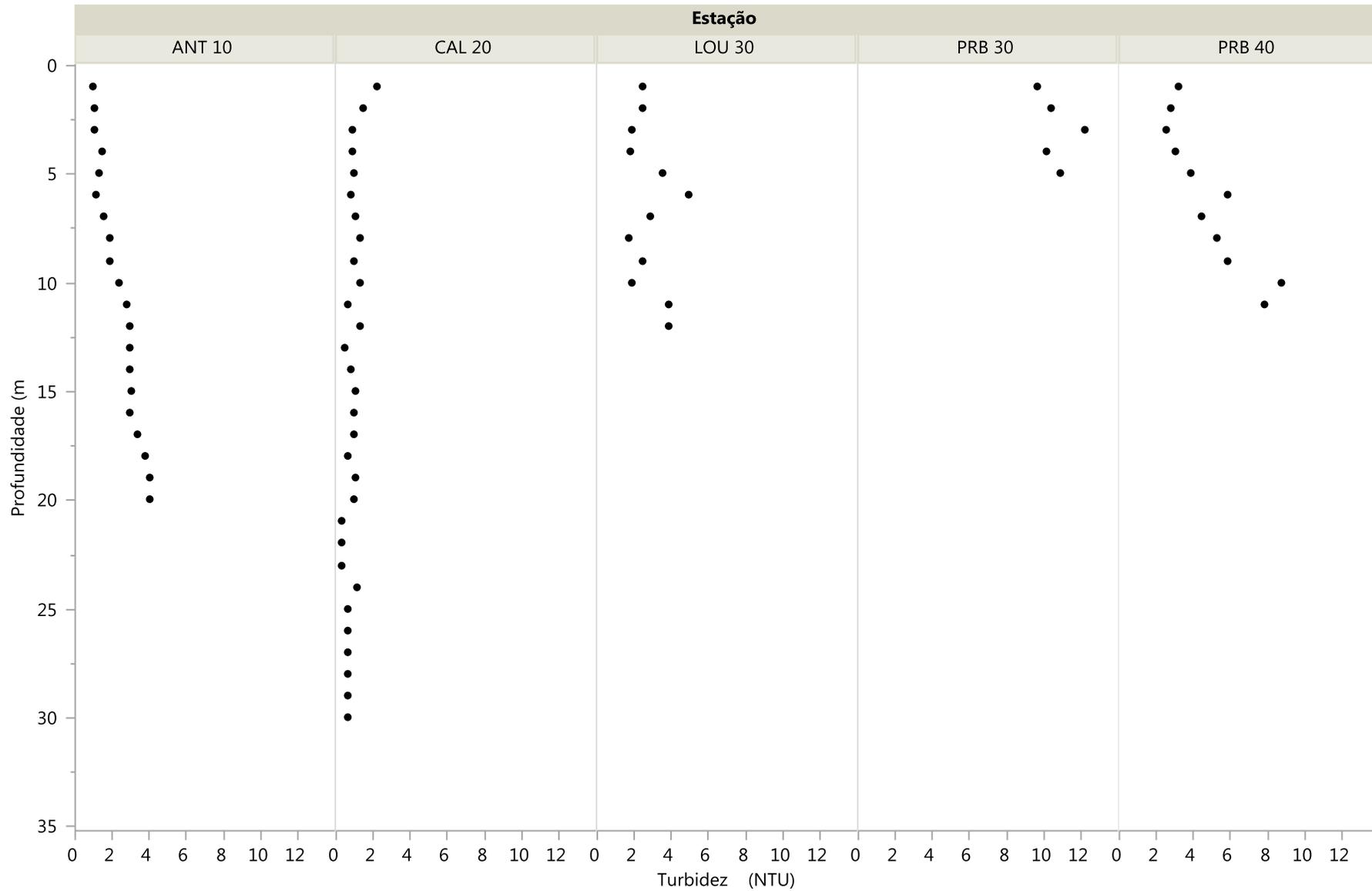


Figura 13. Perfis de condutividade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.

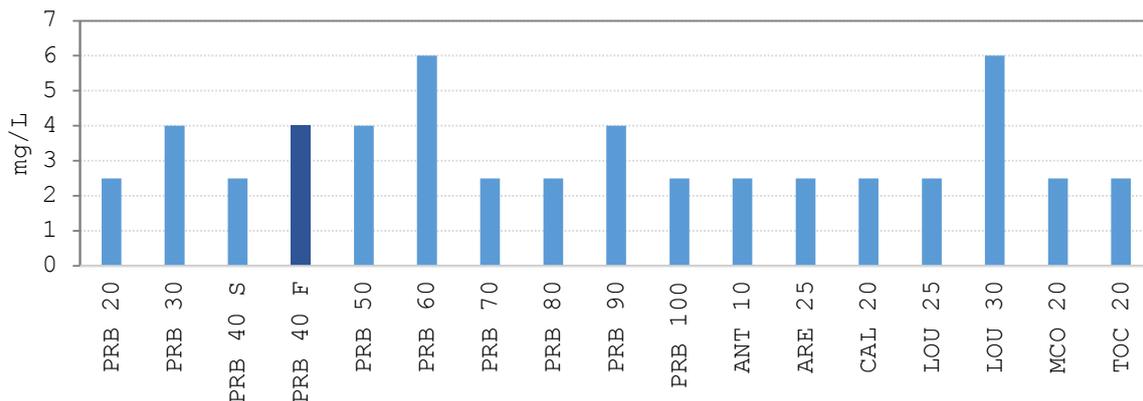


**Figura 14.** Perfis de pH nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.



**Figura 15. Perfis de turbidez nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplicio, em julho de 2017.**

Os sólidos suspensos indicam a quantidade de material particulado em suspensão na água, sendo representados por coloides e partículas menos densas que a água, inclusive os microorganismos planctônicos. As concentrações de sólidos em suspensão fixos foram menores que o limite de detecção do método adotado em 11 das 16 estações de amostragem (**Tabela 2**). Nas estações em que o teor de sólidos suspensos fixos pôde ser quantificado, os valores foram de 4 e 6 mg/L (**Figura 16**).



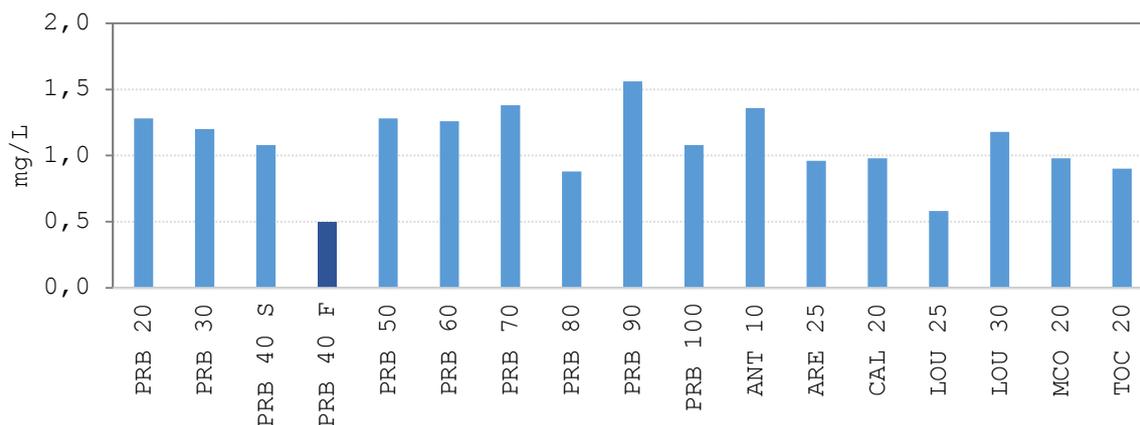
**Figura 16. Sólidos em suspensão fixos nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

As concentrações de sólidos em suspensão voláteis foram menores que o limite de detecção do método adotado (< 2,5 mg/L) em todas as estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 30, PRB 40 (superfície) e ARE 25, que apresentaram concentrações de 6, 8 e 4 mg/L respectivamente (**Figura 17**).



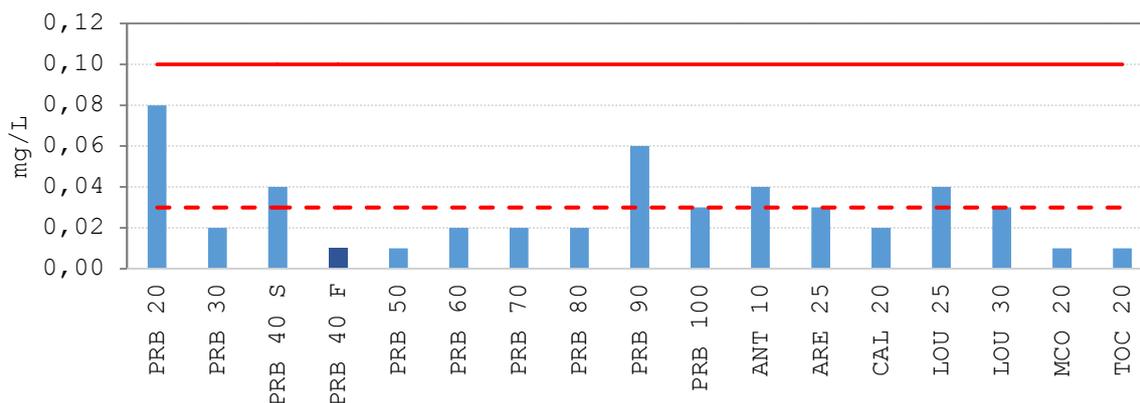
**Figura 17. Sólidos em suspensão voláteis nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

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*. As concentrações de nitrogênio total variaram entre 0,5 mg/L no fundo da estação PRB 40 e 1,6 mg/L na estação PRB 90, com média de  $1,1 \pm 0,3$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 18**).



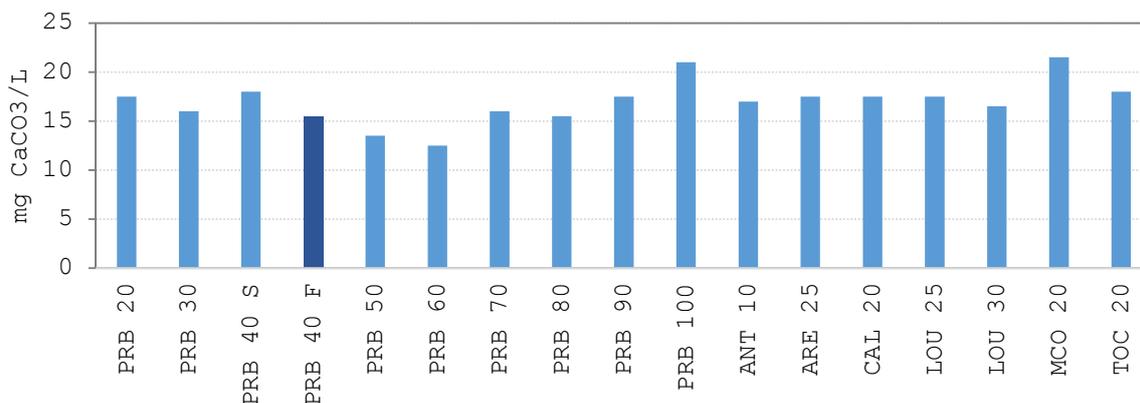
**Figura 18. Nitrogênio total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

O fósforo é o principal limitante da produção primária no ambiente aquático, sendo também o principal responsável pelo processo de eutrofização artificial. A fonte primária de fósforo para o ambiente aquático está nas rochas da bacia de drenagem. No entanto, outras fontes, tais como decomposição de matéria orgânica terrestre, lançamento de esgotos, fertilizantes agrícolas, dentre outras, podem representar contribuições superiores em alguns ecossistemas. Nesta campanha, as estações PRB 20, PRB 40, PRB 90, ANT 10 e LOU 25 apresentaram concentrações de fósforo total superiores ao limite estabelecido pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para corpos d'água intermediários (com características intermediárias entre lóticos e lênticos). No entanto, as estações PRB 20 e PRB 90 podem ser caracterizadas como lóticas e, com isso, apenas as estações PRB 40, ANT 10 e LOU 25 (de características realmente intermediárias) apresentaram valores superiores ao preconizado pelo CONAMA. O valor médio de fósforo total foi de  $0,029 \pm 0,019$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 19**).



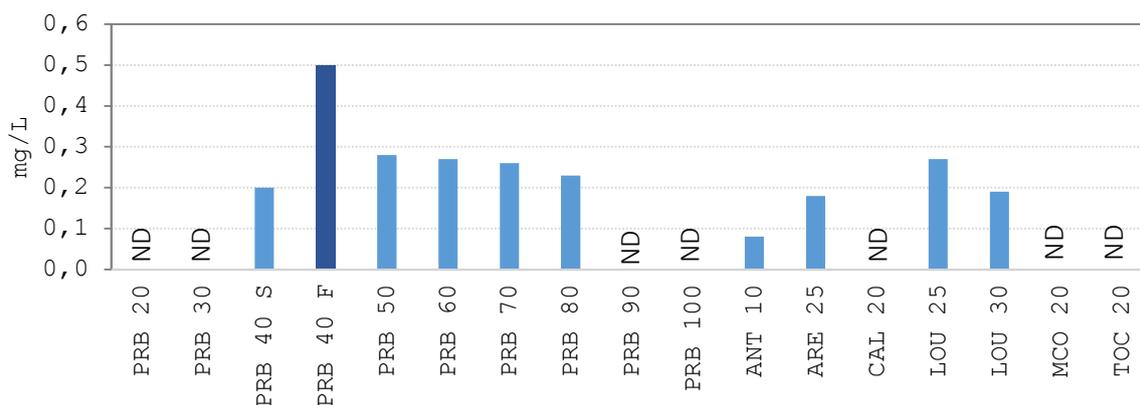
**Figura 19. Fósforo total na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximos para corpos de água lóticos (linha sólida) e intermediários (linha pontilhada) de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 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, as principais espécies químicas que conferem esta propriedade à água são os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Esteves, 1998). Na coleta realizada em julho de 2017 o valor médio de alcalinidade foi de  $17,0 \pm 2,2$  mg CaCO<sub>3</sub>/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 20**).



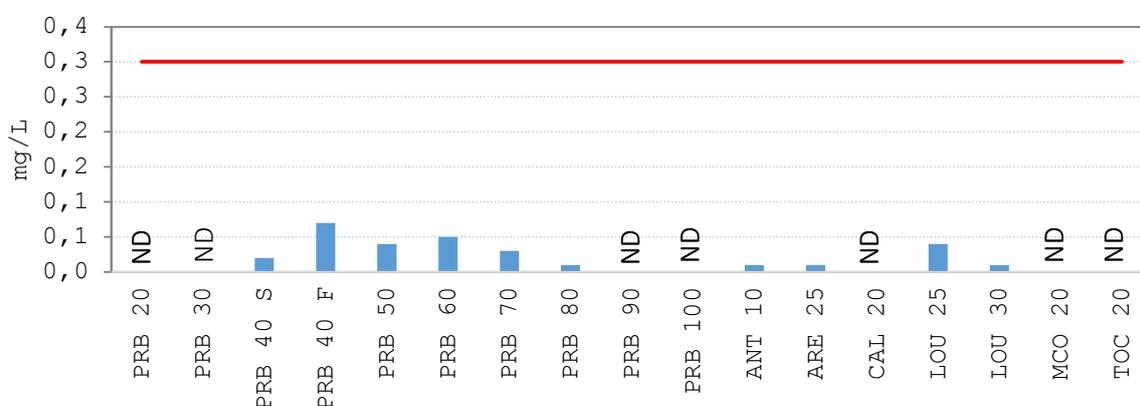
**Figura 20. Alcalinidade nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017.**

As concentrações de ferro total variaram entre 0,08 mg/L na estação ANT 10 e 0,50 mg/L no fundo da estação PRB 40. O valor médio foi de  $0,25 \pm 0,11$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 21**).



**Figura 21. Ferro total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho de 2017. Este parâmetro não foi determinado nos pontos indicados com ND.**

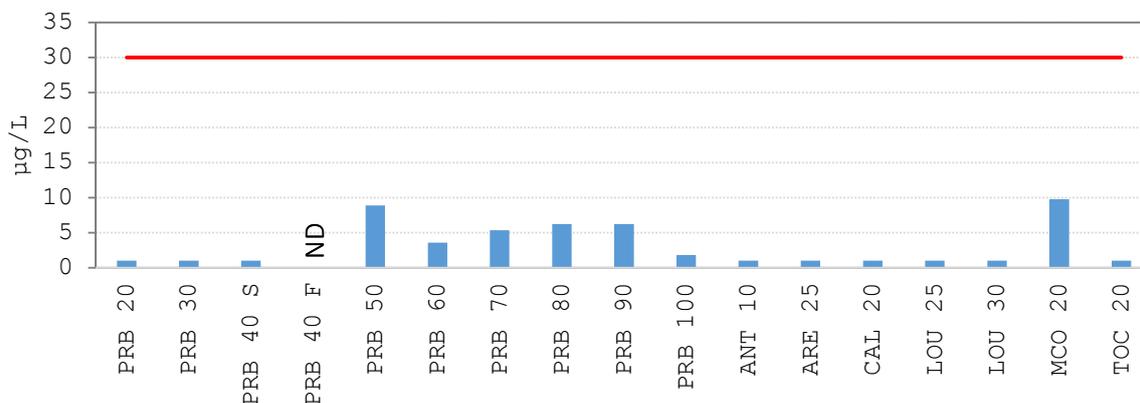
As concentrações de ferro dissolvido estiveram abaixo do limite de detecção do método em 4 das 10 estações amostradas para esse parâmetro. Nenhuma das estações amostradas apresentou valor superior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (0,3 mg/L). O valor médio na superfície das estações de amostragem foi  $0,24 \pm 0,16$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 22**).



**Figura 22. Ferro dissolvido nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho 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 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 abaixo do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (30 µg/L) em todas as estações no reservatório do AHE Simplício (**Figura 23**). O valor médio registrado foi de 3,2 ± 3,1 µg/L (média ± DP)



**Figura 23. Clorofila *a* nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em julho 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. Na coleta de julho de 2017 todas as 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 e de nitrogênio amoniacal foram inferiores aos limites de detecção dos métodos em todos os pontos de amostragem.

### 3.2 RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS

As bactérias do grupo coliformes são bacilos gram negativos, de vida livre, classificados na família Enterobacteriana. 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). No entanto coliformes também ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido

contaminadas por material fecal. 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: *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. Coliformes termotolerantes podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 a 45°C, com produção de ácido gás e aldeído.

Os coliformes, tanto totais quanto termotolerantes foram considerados ausentes de todas as estações analisadas para esse parâmetro, com exceção apenas das estações PRB 20 e PRB 100. As densidades de coliformes foram de 2 NMP/100ml na estação PRB 20 e de 15 NMP/100ml na estação PRB 100 (tanto para totais quanto para termotolerantes) (ver **Tabela 2**). De acordo com a Resolução N° 357/2005 do CONAMA, o limite máximo é de 1.000 coliformes termotolerantes em 100 ml para águas de classe 2. Para coliformes totais, esta legislação não estipula valores máximos. Desta forma, todas as estações em que este parâmetro foi analisado apresentaram densidades de coliformes adequadas de acordo com a legislação vigente.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na coleta realizada no reservatório do AHE Simplício em julho de 2017, foi observada uma massa d'água com temperaturas relativamente homogêneas verticalmente, com exceção da estação localizada no reservatório de Antonina. No entanto, a estratificação química foi mais pronunciada, com variação pronunciada nos perfis de oxigênio dissolvido e pH.

De modo geral, semelhante ao registrado na campanha anterior, de junho de 2017, foram registradas poucas ocorrências de valores fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Os parâmetros que apresentaram valores acima ou abaixo dos

valores preconizados pela resolução N°357/2005 do CONAMA foram apenas o pH (estação MCO 20) e fósforo total (PRB 40, ANT 10 e LOU 25). Para os demais parâmetros, todas as estações amostradas apresentaram valores satisfatórios com relação à qualidade da água. É importante ressaltar que nenhuma das estações apresentou valores de DBO e densidade de coliformes termotolerantes acima daquelas preconizadas 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. 21<sup>a</sup> Ed. Washington, DC.
- Cabelli VJ. 1978. Microbial indicators system for assessing water quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, n.48, p.613-617.
- Esteves, F. D. A. 1988. Fundamentos de limnologia. In *Fundamentos de limnologia*. Interciência/Finep.