

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

Campanha: Junho de 2017

Relatório de  
acompanhamento 1

Julho 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 1 (primeiro produto), referente à primeira campanha do Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simplício – Queda Única, realizada nos dias 09 e 10 junho 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>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, 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.

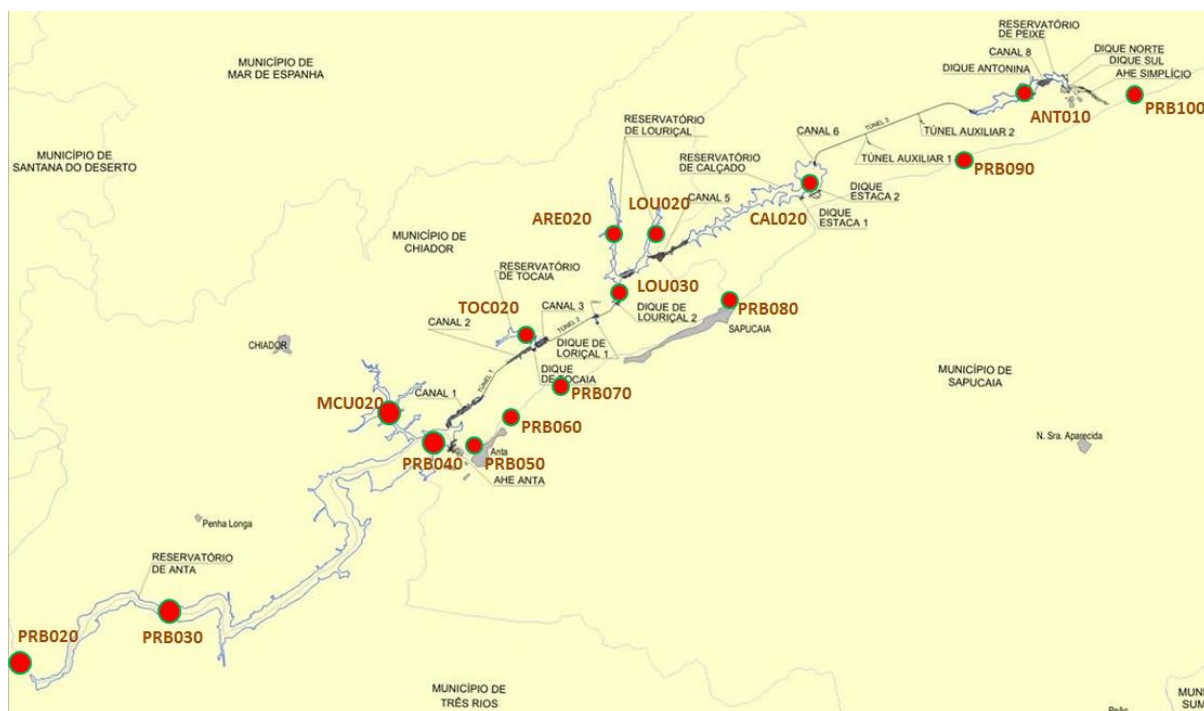
Desde sua nascente até sua foz em forma de delta em Atafona e São João da Barra, no norte fluminense, o rio Paraíba do Sul percorre um percurso total de 1120 km, passando por 180 municípios, sendo 53 no estado do Rio de Janeiro, 88 em Minas Gerais e 39 em São Paulo. Com uma população estimada em 5,5 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

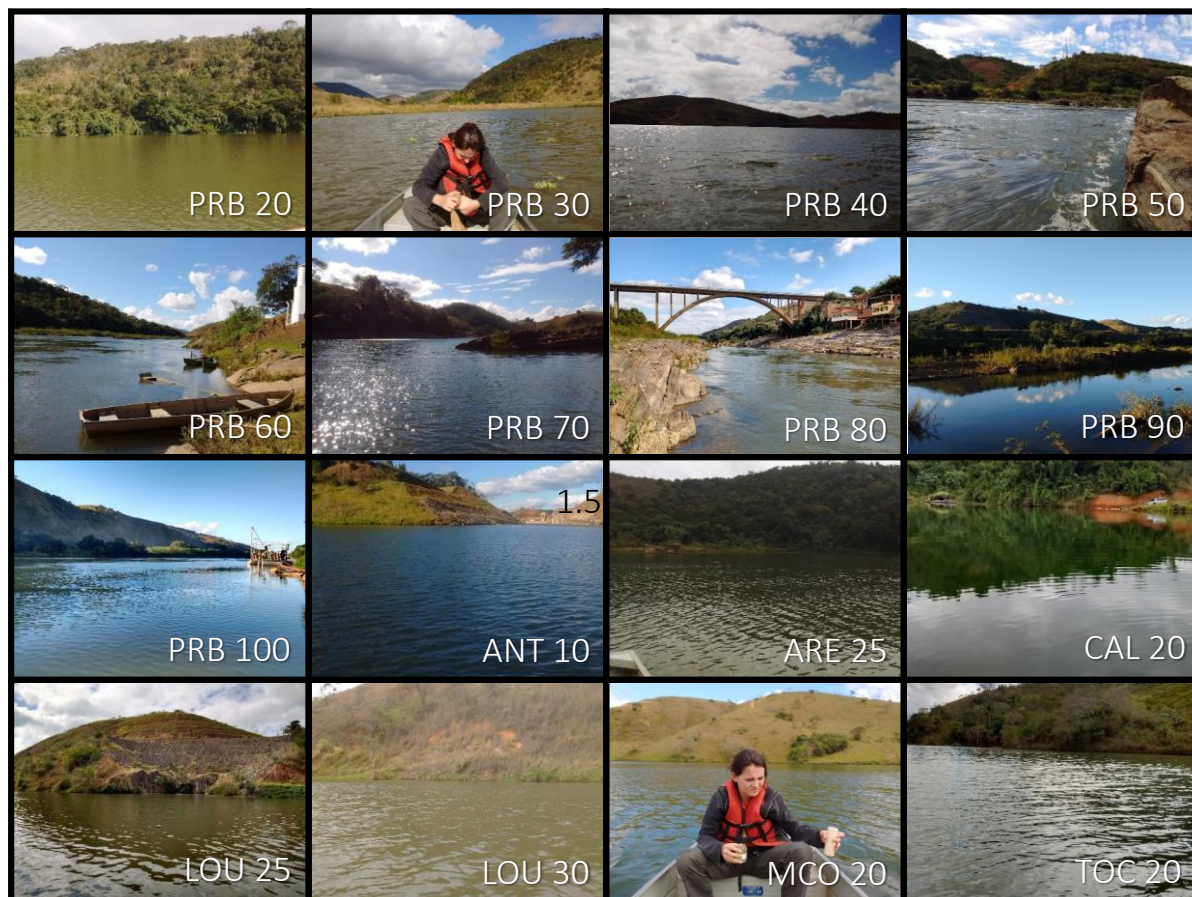
Este monitoramento abrange 16 estações de coleta, localizadas no corpo principal do reservatório de Simplício, bem como em seus principais tributários (**Figura 1 e Quadro 1**). A **Figura 2** apresenta o registro fotográfico das estações de campo onde foram realizadas as amostragens na campanha de junho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

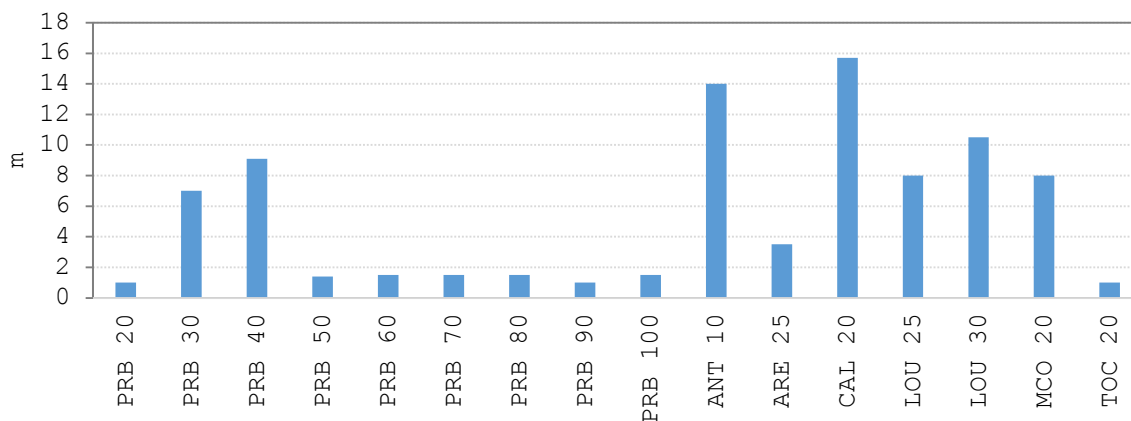
**Tabela 1. Resultados das análises realizadas em campo, durante a campanha de junho de 2017, no reservatório do AHE Simplício.**

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	17/06/09	17/06/09	17/06/09	17/06/09	17/06/09	17/06/09	17/06/10	17/06/09	17/06/09	17/06/10	17/06/10	17/06/10	17/06/10	17/06/10	17/06/09	17/06/10
Hora	10:20	11:40	13:40	14:35	15:00	15:20	7:40	16:43	16:14	10:58	13:11	9:30	13:55	13:30	13:35	15:57
Tempo	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Profundidade (m)	1,00	7,00	9,10	1,40	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	14,00	3,50	15,70	8,00	10,50	8,00	1,00
Temperatura do ar (°C)	25,00	25,50	27,08	26,70	26,20	24,57	22,50	23,20	24,50	23,50	25,10	23,20	25,70	25,10	27,20	25,50
Temperatura da água (°C)	23,60	23,18	24,80	22,83	23,05	24,94	22,44	24,34	23,68	23,01	23,69	23,45	23,04	22,98	25,80	24,50
Transparência (m)	Total	3	4,2	Total	Total	Total	Total	Total	Total	9	5,4	4,5	5,1	4,5	Total	Total
pH	9,18	8,75	10,00	8,64	8,78	8,57	8,76	9,00	8,70	8,60	8,59	8,99	8,26	8,42	10,39	8,70
Turbidez (NTU)	3,8	4,9	1,0	2,0	1,0	2,9	7,0	3,0	5,1	1,8	9,0	1,0	5,0	7,0	1,9	7,0
Condutividade (µS/cm)	100	92	90	91	91	92	91	91	87	86	85	88	91	91	87	87
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,04	7,19	9,12	9,46	9,00	6,86	8,11	5,43	6,30	4,36	5,62	8,26	5,47	7,40	8,85	7,80
Oxigênio dissolvido (% sat)	72,30	85,90	114,80	112,10	107,50	84,50	95,80	66,10	75,90	52,00	67,90	99,30	65,20	88,10	110,60	97,50

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

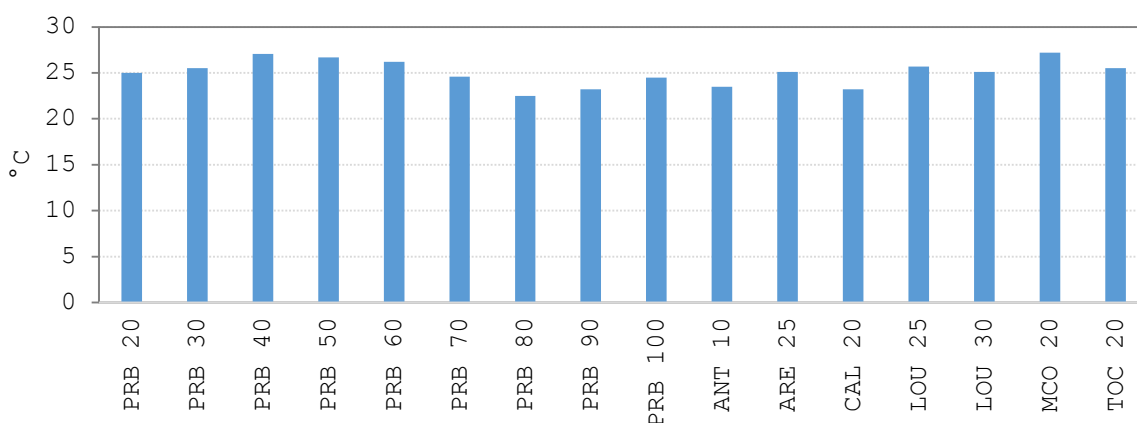
Ponto	PRB 20	PRB 30	PRB 40 sup	PRB 40 fdo	PRB 50	PRB 60	PRB 70	PRB 80	PRB 90	PRB 100	ANT 10	ARE 25	CAL 20	LOU 25	LOU 30	MCO 20	TOC 20
Sólidos susp. fixos (mg/L)	<2,5	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Sólidos susp. voláteis (mg/L)	4	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	4	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<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)	0,58		0,48	0,98	0,96	0,86	0,68	0,48	0,76	0,68	28,3	1,48	1,18	1,38	1,4	0,58	0,76
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)	0,06	0,04	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	16,0	18,0	19,0	21,0	18,5	27,0	17,0	20,0	17,5	17,5	17,5	20,0	20,0	22,0	20,0	20,0	19,0
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)	43	3,6	Ausente	Ausente	3,6	Ausente	920	210	68	22						9,2	68
Colif. totais (NMP/100ml)	94	9,2	18	92	9,2	Ausente	920	430	220	22						9,2	150
Ferro total (mg/L)			0,58	0,58	0,77	0,65	0,44	0,85			<0,01	0,44		0,56	0,55		
Ferro dissolvido (mg/L)		0,86	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	0,09		0,15	0,14		
Clorofila a (µg/L)	3,56	2,67	4,45		3,56	<1,0	7,12	<1,0	1,78	<1,0	<1,0	28,3	<1,0	<1,0	14,15	2,67	1,78

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 15,7 m (**Figura 3**).



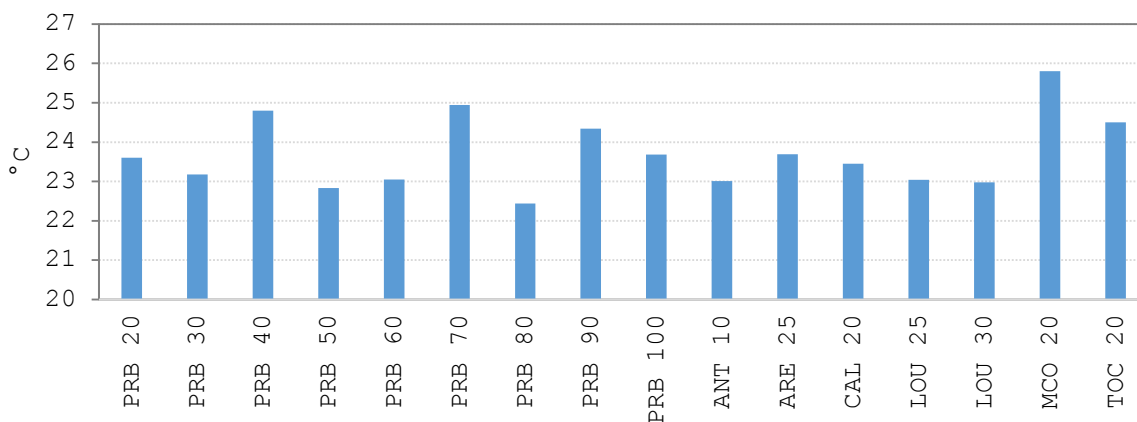
**Figura 3. Profundidade máxima registrada nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**

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  $25,0 \pm 1,4$  °C (média  $\pm$  DP), sendo que os valores variaram de 22,5 a 27,2 °C (**Figura 4**).



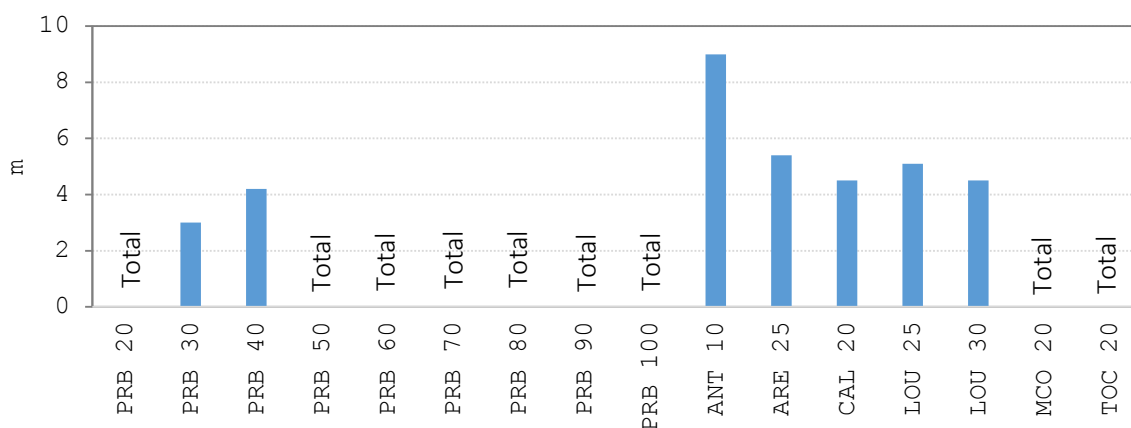
**Figura 4. Temperatura do ar medida nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017**

A temperatura da água apresentou variação entre os pontos de amostragem distinta da temperatura do ar. O valor médio registrado foi de  $23,7 \pm 0,9$  °C (média  $\pm$  DP), com mínima de 22,4 no ponto PRB 80 e máxima de 25,8 no ponto MCO 20 (**Figura 5**),



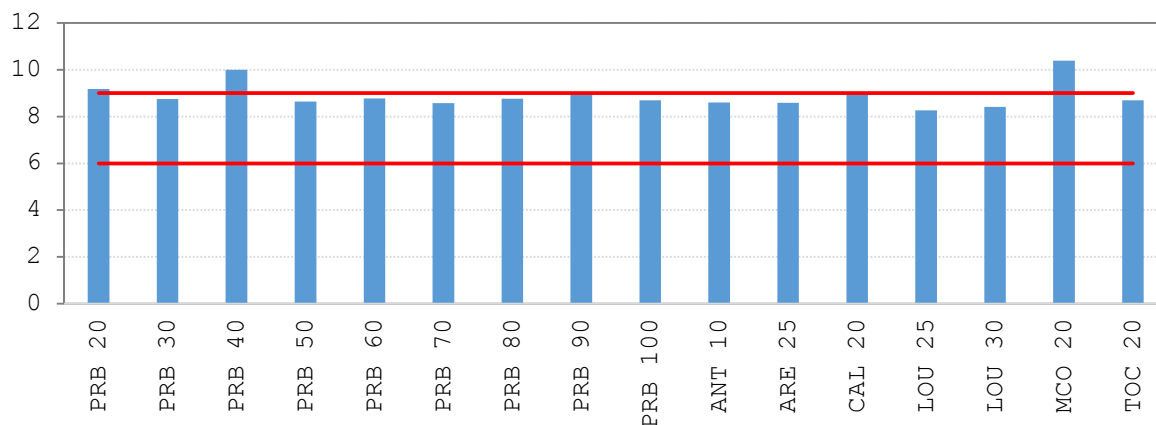
**Figura 5. Temperatura da água medida na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**

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. Desta forma, o maior valor de transparência (9,0 m) foi registrado na estação ANT 10 (**Figura 6**), que também apresentou baixa turbidez em relação às demais estações (ver Figura 8). Devido à reduzida profundidade de várias das estações de amostragem, o disco de Secchi foi visível até o fundo (transparência total).



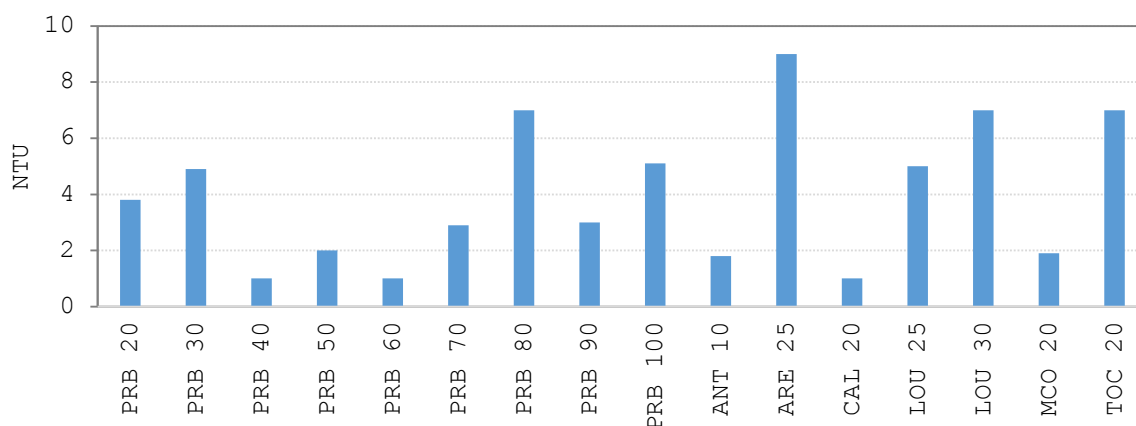
**Figura 6. Transparência da água e nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**

O pH das estações amostradas esteve dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, com exceção das estações PRB 40 e MCO 20, que apresentaram valores mais elevados (**Figura 7**). Em média, o pH das estações foi de  $8,9 \pm 0,6$  mg/L (média  $\pm$  DP).



**Figura 7. pH da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho 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  $4,0 \pm 2,5$  NTU (média  $\pm$  DP), com valor mais elevado na estação ARE 25.

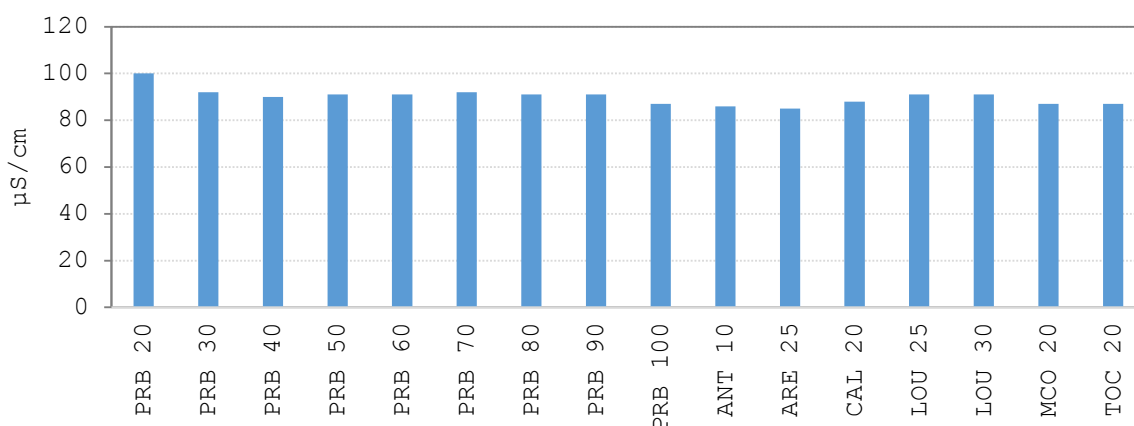


**Figura 8. Turbidez da água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017. A linha vermelha indica o limite**



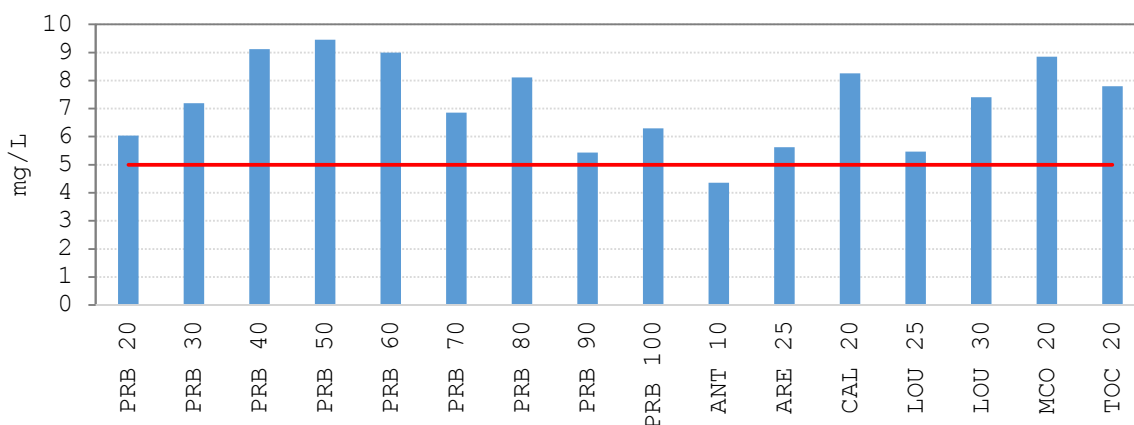
**máximo para corpos de água de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

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 variou entre 85 uS/cm na estação ARE 25 e 100 uS/cm na estação PRB 20 (**Figura 9**).



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

O oxigênio dissolvido (OD) esteve acima do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em todas as estações, com exceção da ANT 10, localizada no reservatório de Antonina, que apresentou concentração de 4,4 mg/L (**Figura 10**). Em média a concentração de oxigênio dissolvido foi de  $7,2 \pm 1,5$  mg/L (média  $\pm$  DP).



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

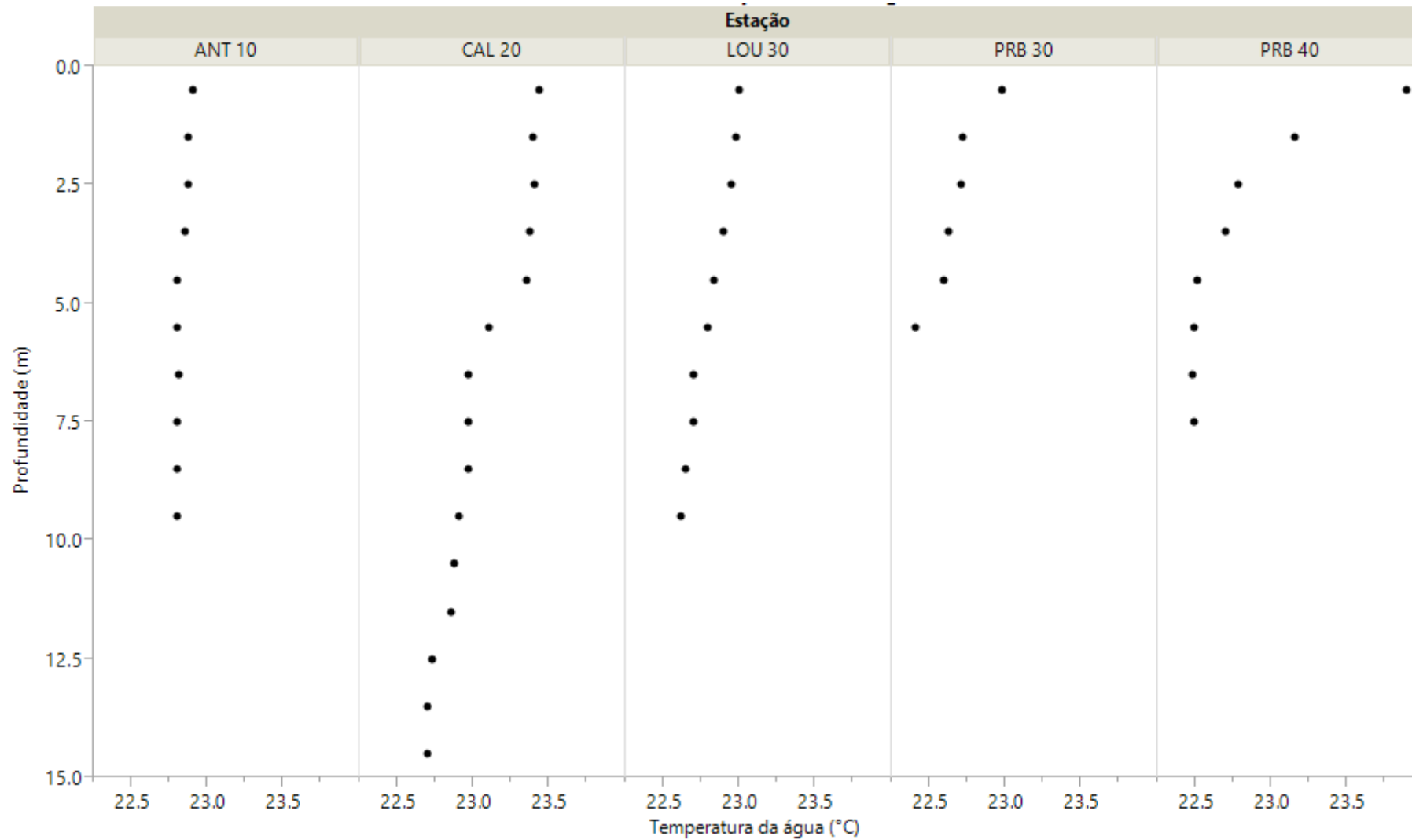
Os perfis de temperatura da água mostram que algumas estações de coleta do reservatório do AHE Simplício estavam estratificadas durante a campanha de junho de 2017, com exceção da estação no reservatório de Antonina, ANT 10 (**Figura 11**). A profundidade da termoclina variou entre 2 e 5 metros nos locais amostrados.

Situação similar pode ser observada para os perfis de oxigênio dissolvido, com redução em direção ao fundo. 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. No caso do oxigênio dissolvido, no entanto, a estação LOU 30 apresentou valores homogêneos ao longo da coluna d'água (**Figura 12**). As concentrações de oxigênio dissolvido na água atingiram valor mínimo de 3,5, no fundo das estações PRB 40 e ANT 10, indicando a ausência de anoxia na coluna d'água do AHE Simplício durante esta campanha.

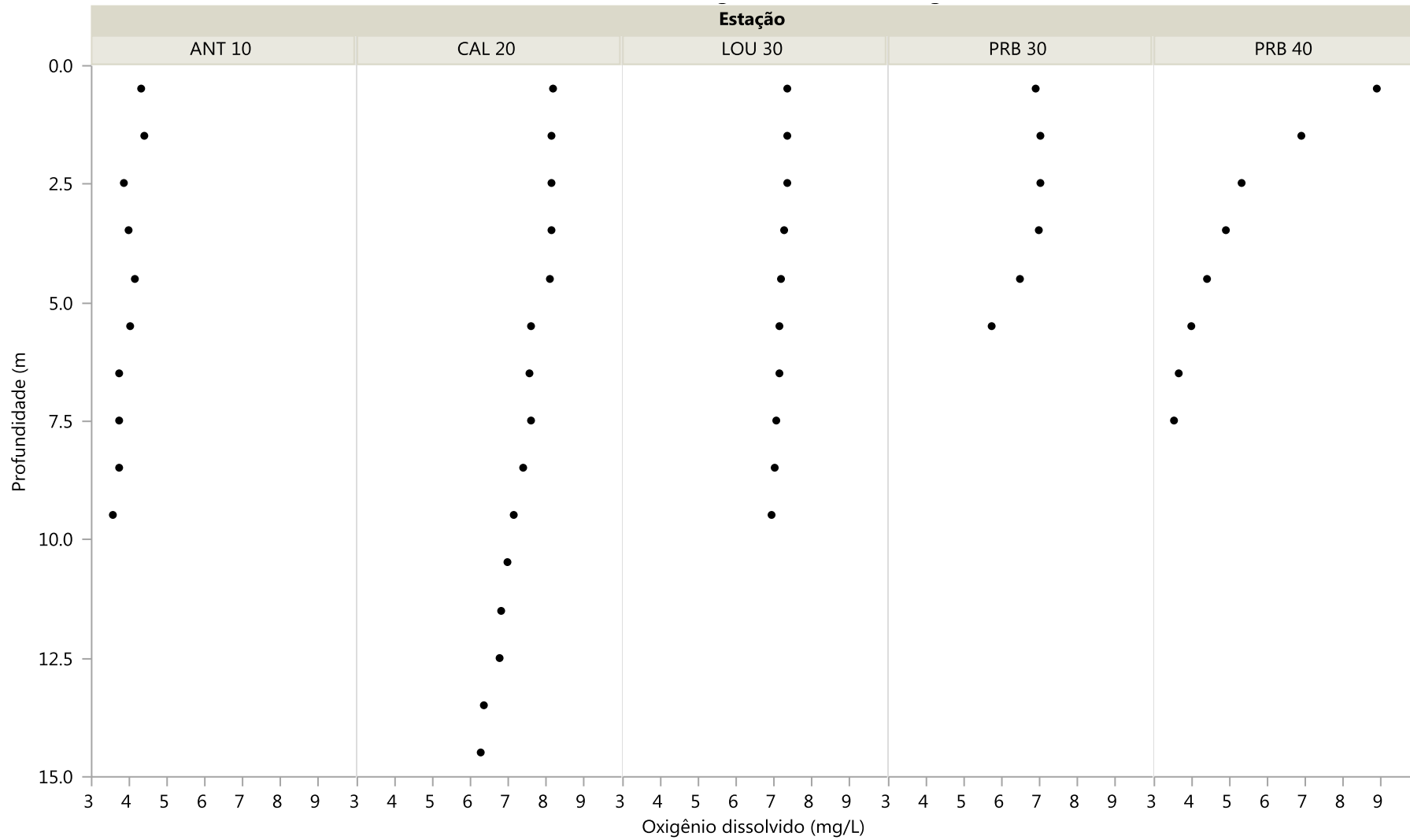
A variação da condutividade ao longo dos perfis verticais foi bastante sutil, com ocorrência de padrões distintos entre os pontos (**Figura 13**).

Os valores de pH, foram no geral 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 estação LOU 30 foi uma exceção, apresentando aumento do pH nas camadas mais profundas.

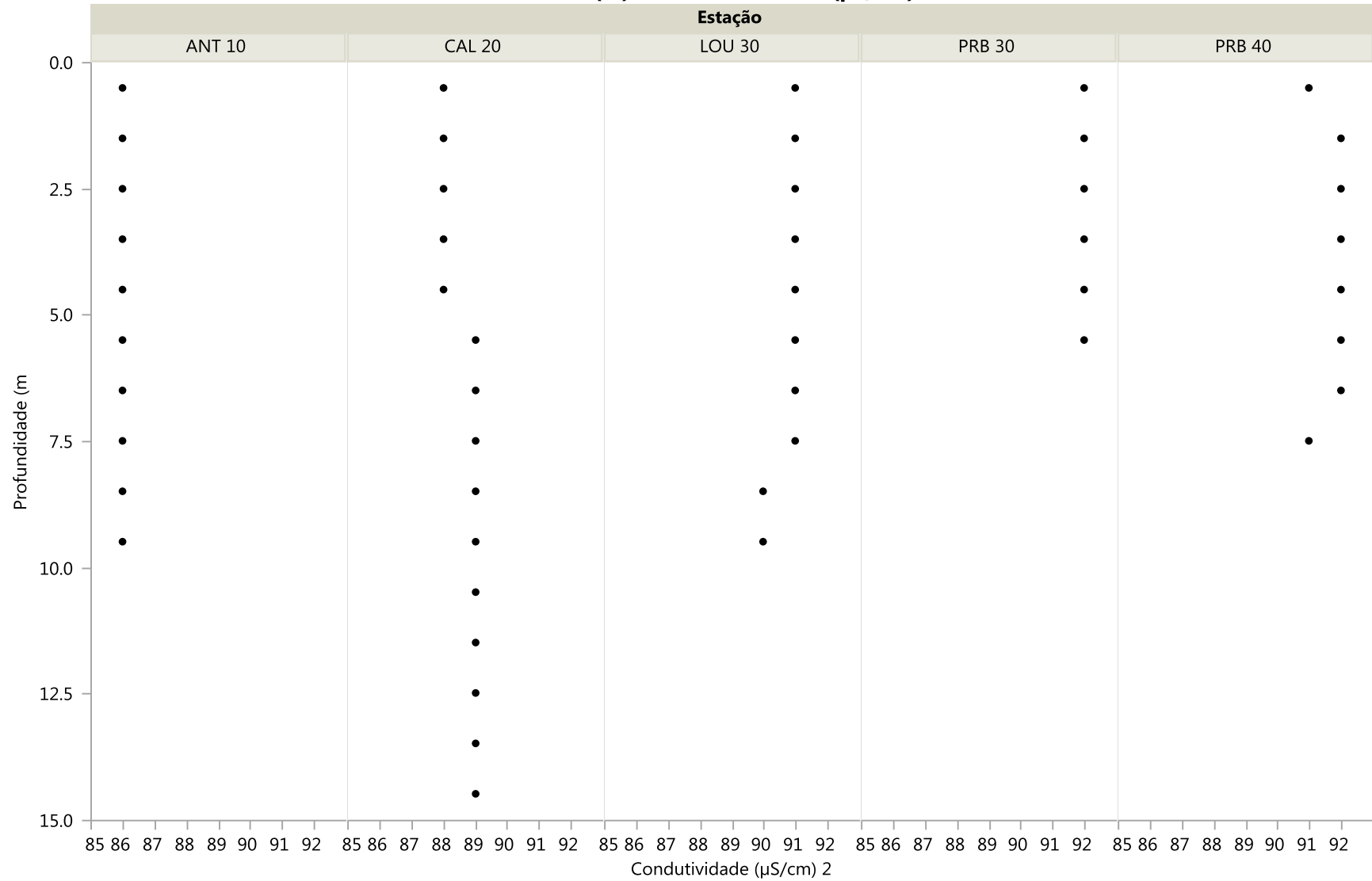
A turbidez foi bastante constante, com sutil aumento em direção ao fundo nos perfis realizados nas estações de coleta do AHE Simplício em junho de 2017. A exceção foi a estação PRB 40 onde a turbidez aumentou bruscamente nas entre 2 e 4 metros de profundidade (**Figura 15**). Este aumento da turbidez nas camadas superficiais desta estação de coleta pode estar relacionado a uma turbidez orgânica, já que ocorre também redução brusca das concentrações de oxigênio dissolvido (**Figura 12**).



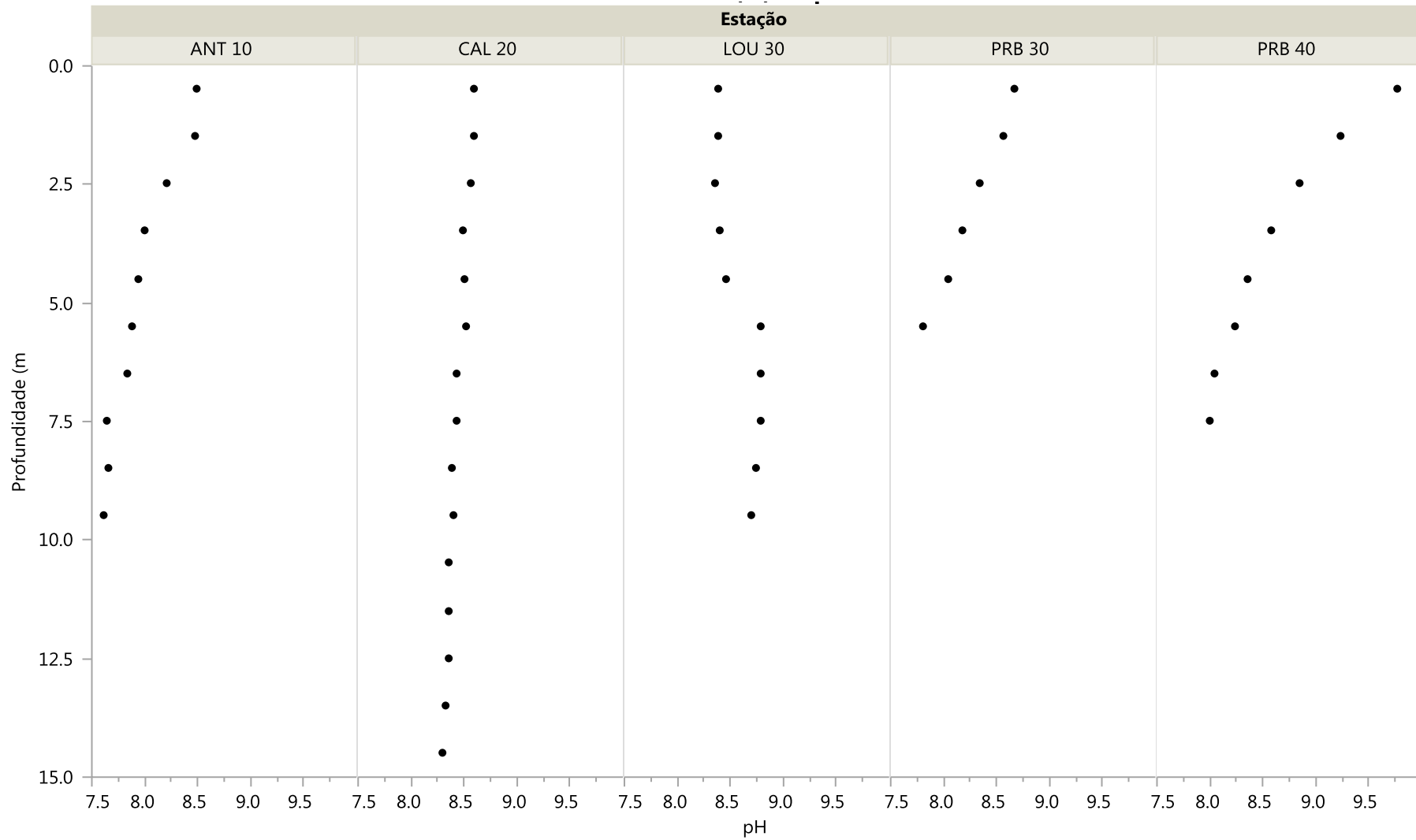
**Figura 11. Perfis de temperatura da água nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**



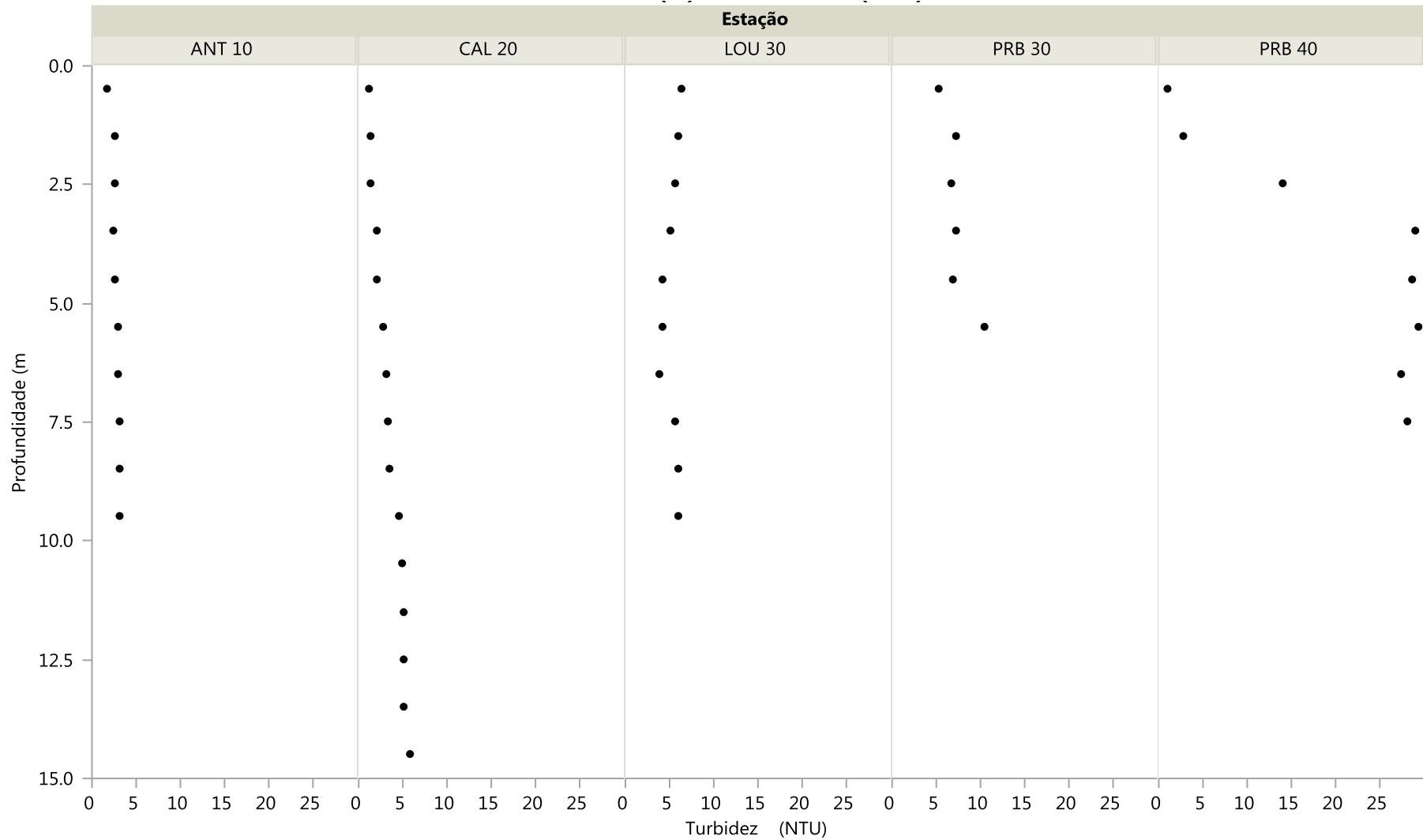
**Figura 12. Perfis de oxigênio nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**



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

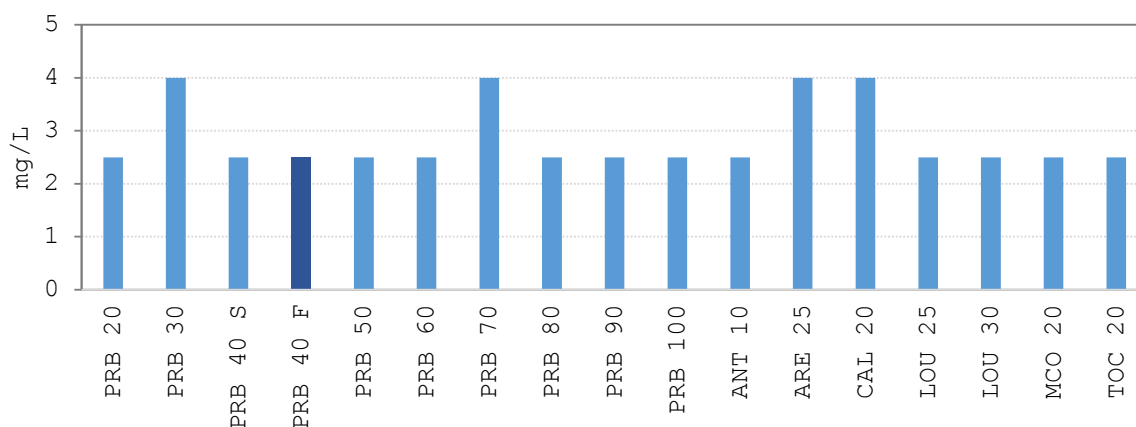


**Figura 14.** Perfis de pH nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.



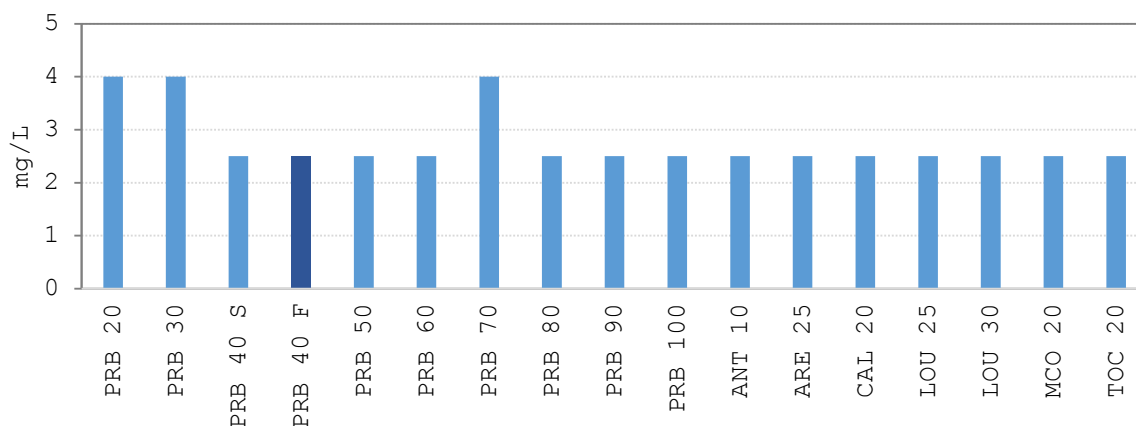
**Figura 15. Perfis de turbidez nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**

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 (< 2,5 mg/L) em todas as estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 30, PRB 70, ARE 25 e CAL 20, que apresentaram concentração de 4 mg/L (**Figura 16**).



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

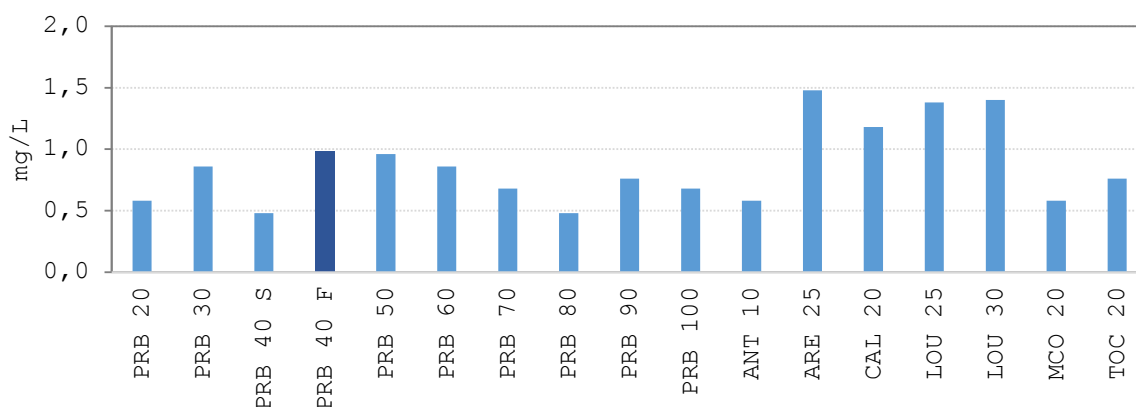
As concentrações de sólidos em suspensão voláteis foram menores que o limite de detecção do método adotado (< 2,5 mg/L) em todas as estações de amostragem, com exceção apenas das estações PRB 20, PRB 30 e PRB 70, que apresentaram concentração de 4 mg/L (**Figura 17**).



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

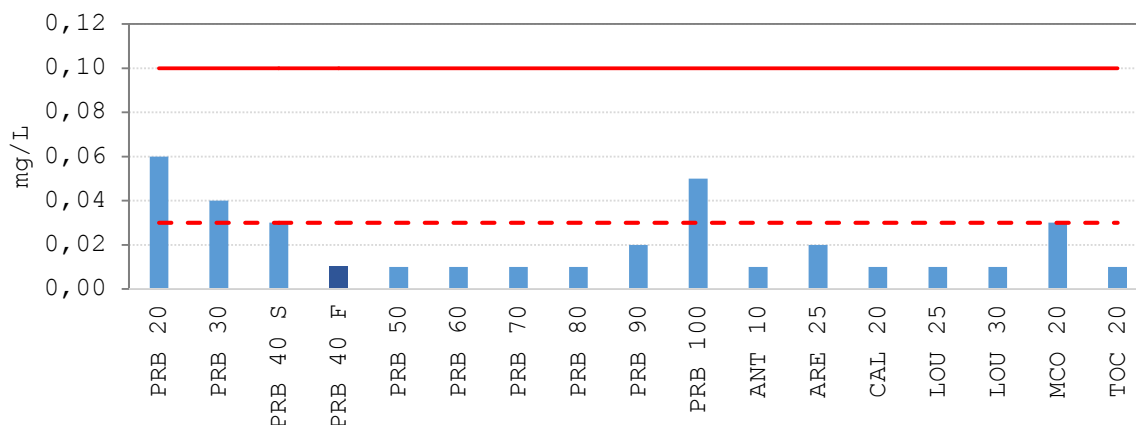


O nitrogênio total é dado pela soma das frações de nitrogênio orgânica e inorgânica na água. Em ambientes aquáticos o nitrogênio total é um dos principais indicadores de eutrofização, juntamente com o fósforo e a clorofila *a*. As concentrações de nitrogênio total nas estações de amostragem variaram entre 0,48 mg/L nas estações PRB 40 e PRB 80 e 1,48 na estação ARE 25 (**Figura 18**). O valor médio de nitrogênio total foi de  $0,86 \pm 0,32$  mg/L (média  $\pm$  DP).



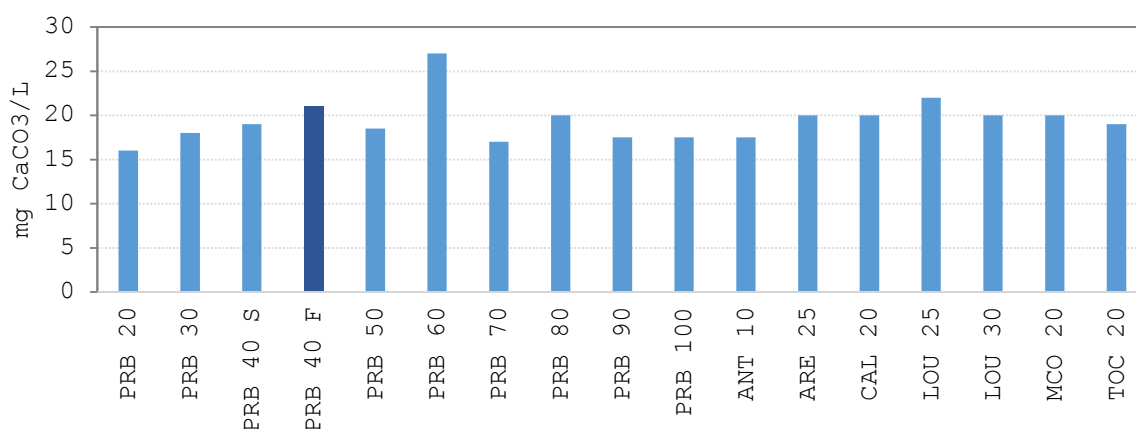
**Figura 18. Nitrogênio total nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**

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 30 e PRB 100 apresentaram concentrações 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 100 podem ser caracterizadas como lóticos e, com isso, apenas a estação PRB 30 (de características realmente intermediárias) apresentou valor superior à preconizada pelo CONAMA. O valor médio de fósforo total foi de  $0,021 \pm 0,016$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 19**).



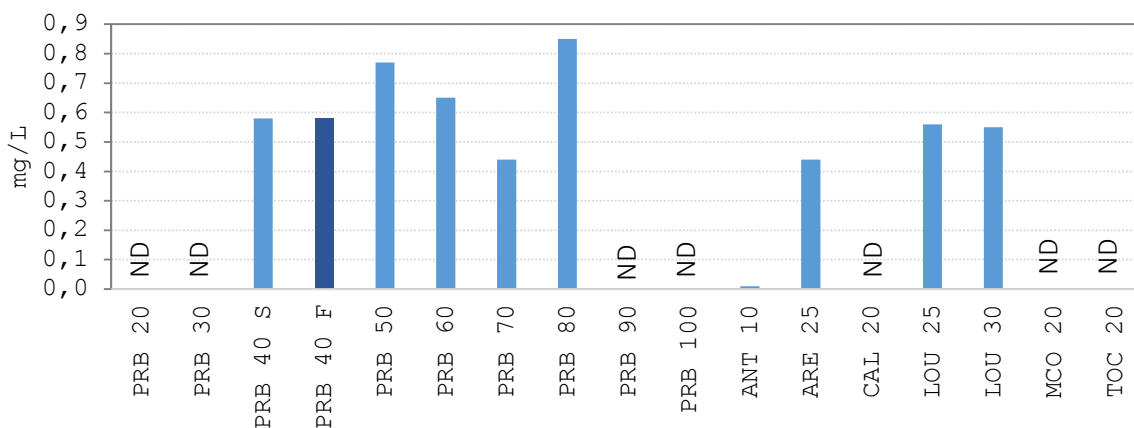
**Figura 19. Fósforo total na água na superfície das estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017. As linhas vermelhas indicam os limites máximos para corpos de água lóticos (linha sólida) e intermediários (linha pontilhada) de classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA n° 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 junho de 2017 o valor médio de alcalinidade foi de  $19,4 \pm 2,5$  mg CaCO<sub>3</sub>/L (média  $\pm$  DP) (Figura 20).



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

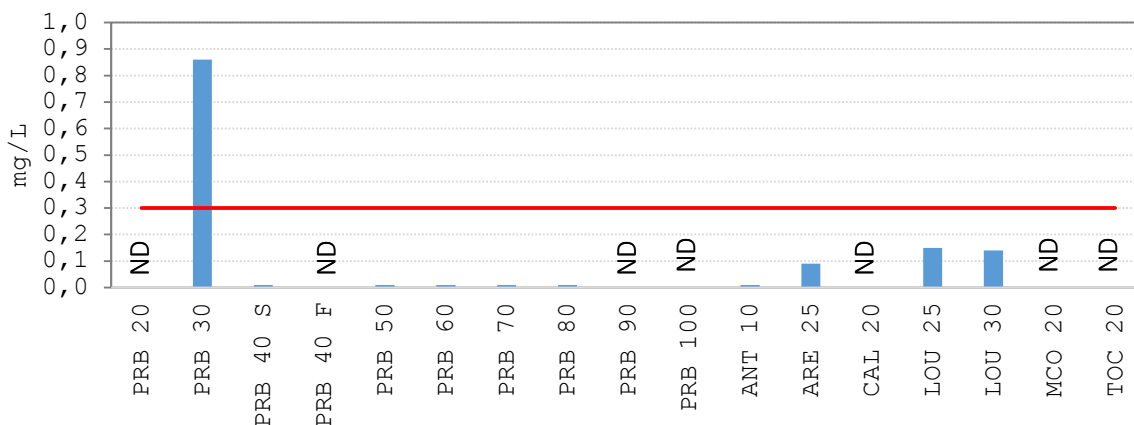
As concentrações de ferro total variaram entre concentração inferior ao limite de detecção do método (0,01 mg/L) na estação ANT 10 e 0,85 mg/L na estação PRB 80. O valor médio foi de  $0,54 \pm 0,23$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 21**).



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

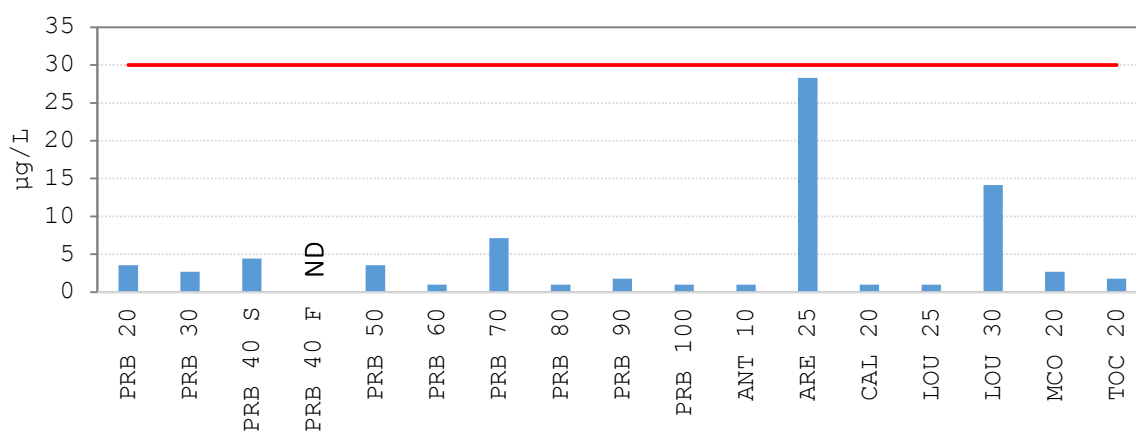
As concentrações de ferro dissolvido estiveram abaixo do limite de detecção do método em 6 das 10 estações amostradas para esse parâmetro. Apenas a estação PRB 30 apresentou valor superior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (0,3 mg/L). O valor médio na superfície das estações de amostragem foi  $0,13 \pm 0,26$  mg/L (média  $\pm$  DP) (**Figura 22**).

Fe dissolv



**Figura 22. Ferro dissolvido nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho 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. Apesar da concentração relativamente alta de clorofila na estação ARE 25 (28,3 µg/L), 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**).



**Figura 23. Clorofila *a* nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho 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.**

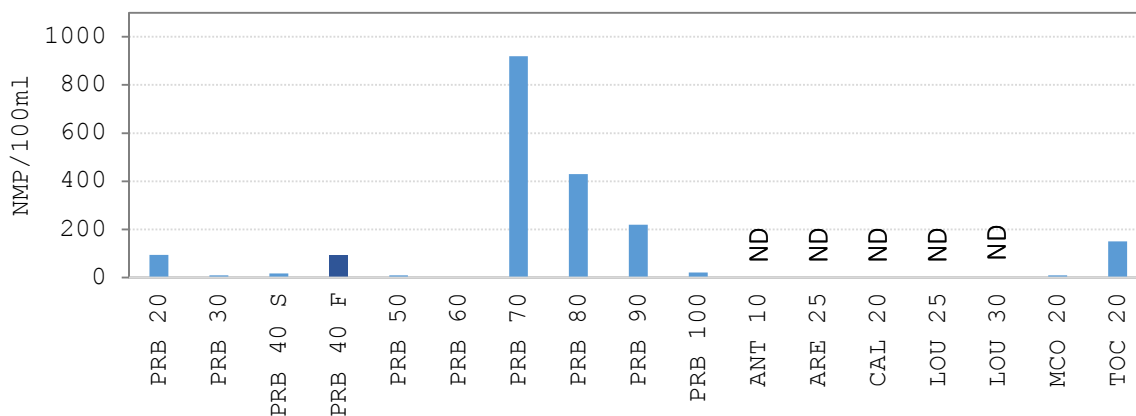
A demanda bioquímica de oxigênio, ou DBO, corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação biológica da matéria orgânica. Na coleta de junho de 2017 todas as estações amostradas apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do método (2,0 mg/L). Por isso, esta variável não foi 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

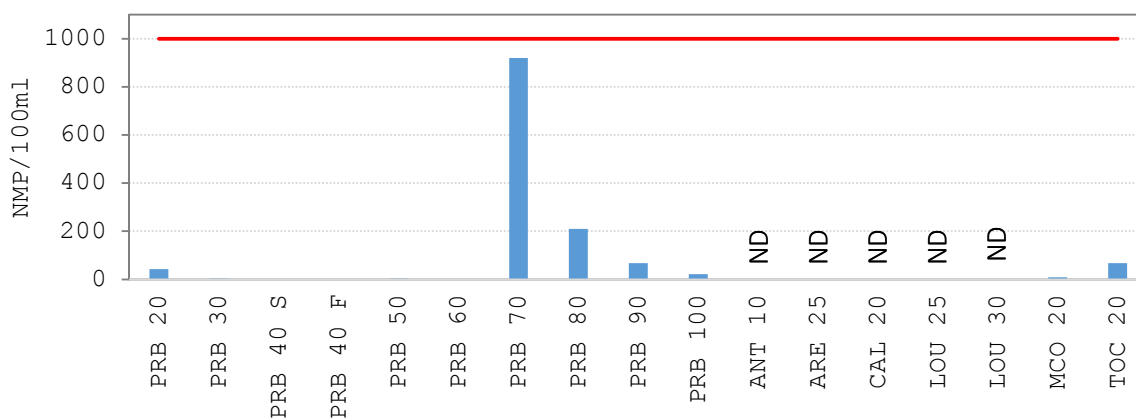
As bactérias do grupo coliformes são bacilos gram negativos, de vida livre, classificados na família Enterobacteriana. Comumente encontrados no ambiente, no trato intestinal de humanos e certos animais homeotérmicos, são excelentes indicadores de

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 anaeróbicos 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 resultados das análises de coliformes totais e termotolerantes nas estações de monitoramento do AHE Simplício estão apresentados nas **Figuras 24 e 25**. As densidades de coliformes totais variaram de zero (ausência de coliformes) nas estações PRB 40 e PRB 60 a 920 NMP/100ml na estação PRB 70. 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. As densidades de coliformes termotolerantes estiveram abaixo do limite máximo estabelecido por esta resolução em todas as estações amostradas (Figura 25), variando desde zero (ausência de coliformes), na estação PRB 60 até 920 NMP/100ml na estação PRB 70.



**Figura 24. Densidade de coliformes totais nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho de 2017.**



**Figura 25. Densidade de coliformes termotolerantes nas estações de amostragem no reservatório do AHE Simplício, em junho 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.**

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na coleta realizada no reservatório do AHE Simplício em junho de 2017, foi observada uma massa d'água com temperaturas superficiais relativamente homogêneas espacialmente e estratificada verticalmente. Dentre as estações amostradas em perfil vertical, destaca-se a PRB 40, com variação acentuada em todos os parâmetros, inclusive aumento significativo da turbidez a partir dos 3 metros de profundidade.

De modo geral, foram registradas poucas ocorrências de valores fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Os parâmetros que apresentaram inconformidade com o CONAMA foram pH (estações PRB 40 e MCO 20), oxigênio dissolvido (ANT 10), fósforo total (PRB 30) e ferro dissolvido (PRB 30). 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.