

# **SUBPROGRAMA 7.1 – MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

**EMPRESA CONTRATADA**



**FUNDAGRO**

**Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina – Fundagro**

Avenida Madre Benvenuta, 1666, Santa Mônica

88035-001 Florianópolis, SC, Brasil.

Fone: (48) 3029-8000, fax: (48) 3029-8010

<http://www.fundagro.org.br/> - [fundagro@fundagro.org.br](mailto:fundagro@fundagro.org.br)

Fundagro - Unidade Regional de Chapecó

Rua Arthur Costa e Silva, 710-E, São Cristóvão.

89803-181, Chapecó, SC, Brasil.

Fone/Fax: (49) 3328-6614

**EQUIPE TÉCNICA:**

Ademilso Carbonera - Técnico em Hidrologia

Alcedir Bessegatto – Técnico em Agropecuária

Fábio da Silva - Técnico em Hidrologia

Felipe Elias Klein - Técnico em Agropecuária

Ivan R. Nêris – Técnico em Segurança do Trabalho

Lucas Soares Câmara - Técnico em Hidrologia

Ludimila G. de Lara Pinto – Eng.<sup>a</sup> Sanitarista e Ambiental

Rodrigo Lenz - Técnico em Hidrologia

**Florianópolis, setembro de 2013.**

## ÍNDICE GERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>1</b>
2.1	PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS E SISTEMA DE COLETA .....	1
2.2	INFORMAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA .....	5
2.3	ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS.....	5
2.3.1	<i>IET - Índice de Estado Trófico</i> .....	6
2.3.2	<i>IQA - Índice de Qualidade das Águas</i> .....	7
2.3.3	<i>IQAR - Índice de Qualidade das Águas de Reservatório</i> .....	9
2.3.4	<i>Sedimentos</i> .....	10
<b>3</b>	<b>ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DO SEMESTRE</b> .....	<b>11</b>
3.1	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	11
<b>4</b>	<b>ANÁLISE SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS</b> .....	<b>12</b>
4.1	ÁGUAS SUPERFICIAIS - ATENDIMENTO AOS PADRÕES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05.....	12
4.2	DEMAIS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS .....	19
4.3	COMUNIDADE PLANCTÔNICA .....	26
4.3.1	<i>Fitoplâncton Mensal</i> .....	26
4.3.2	<i>Fitoplâncton Trimestral</i> .....	28
4.3.3	<i>Zooplâncton Mensal</i> .....	30
4.3.4	<i>Zooplâncton Trimestral</i> .....	32
4.4	ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	34
4.4.1	<i>IET – Índice de estado trófico</i> .....	34
4.4.2	<i>IQA - Índice de qualidade da água</i> .....	34
4.4.3	<i>IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios</i> .....	35
4.5	PERFIL DA COLUNA D'ÁGUA.....	36
4.5.1	<i>Ponto UCa – cabeceira do reservatório</i> .....	36
4.5.2	<i>Ponto UCe – região central do reservatório</i> .....	37
4.5.3	<i>Ponto UAc – próximo a barragem</i> .....	39

4.6	SEDIMENTOS - ASPECTOS LEGAIS RESOLUÇÃO CONAMA 454/12 .....	40
4.7	DEMAIS PARÂMETROS .....	41
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO .....</b>		<b>46</b>
A.1.	FEVEREIRO 2013 – 14ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO.....	46
A.2.	ABRIL 2013 – 15ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO.....	47
A.3.	JUNHO DE 2013 – 16ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA E SEDIMENTOS.....	3
FIGURA 2:	COMPARAÇÃO ENTRE A SÉRIE HISTÓRICA DAS PRECIPITAÇÕES E O OCORRIDO EM 2013. ....	12
FIGURA 3:	OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	13
FIGURA 4:	PH NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013. ....	14
FIGURA 5:	FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013. ....	15
FIGURA 6:	NITRATO NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	15
FIGURA 7:	COLIFORMES TERMOTOLERANTES NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	16
FIGURA 8:	TURBIDEZ NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	17
FIGURA 9:	SÓLIDOS TOTAIS NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	17
FIGURA 10:	FENÓIS NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	18
FIGURA 11:	CLOROFILA A NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	18
FIGURA 12:	DBO <sub>5</sub> NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	19
FIGURA 13:	SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	20
FIGURA 14:	TEMPERATURA DA ÁGUA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	20
FIGURA 15:	NITROGÊNIO TOTAL NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	21
FIGURA 16:	DUREZA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	21
FIGURA 17:	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	22
FIGURA 18:	FERRO TOTAL NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	23
FIGURA 19:	TRANSPARÊNCIA DA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	23
FIGURA 20:	DQO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	24
FIGURA 21:	ALCALINIDADE TOTAL AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	24
FIGURA 22:	COLIFORMES TOTAIS AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	25
FIGURA 23:	FOSFATO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	25
FIGURA 24:	FITOPLÂNCTON MENSAL – DENSIDADE TOTAL NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	26

FIGURA 25: FITOPLÂNCTON MENSAL – DIVERSIDADE NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	27
FIGURA 26: FITOPLÂNCTON MENSAL – RIQUEZA NO PERÍODO DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	27
FIGURA 28: FITOPLÂNCTON TRIMESTRAL - DENSIDADE TOTAL DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	28
FIGURA 29: FITOPLÂNCTON TRIMESTRAL - DIVERSIDADE DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	29
FIGURA 30: FITOPLÂNCTON TRIMESTRAL – RIQUEZA DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	29
FIGURA 31: QUANTIFICAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	30
FIGURA 32: DENSIDADE TOTAL DO ZOOPLÂNCTON MENSAL DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	30
FIGURA 33: DIVERSIDADE DO ZOOPLÂNCTON MENSAL DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	31
FIGURA 34: RIQUEZA DO ZOOPLÂNCTON MENSAL DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	32
FIGURA 35: DENSIDADE TOTAL DO ZOOPLÂNCTON DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	32
FIGURA 36: DIVERSIDADE DO ZOOPLÂNCTON DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	33
FIGURA 37: RIQUEZA DO ZOOPLÂNCTON DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	33
FIGURA 38: RESULTADOS DO IET.....	34
FIGURA 39: RESULTADOS DO IQA.....	35
FIGURA 40: RESULTADOS DO IQAR.....	36
FIGURA 41: COBRE NOS SEDIMENTOS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	41
FIGURA 42: CROMO NOS SEDIMENTOS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	41
FIGURA 43: BÁRIO NOS SEDIMENTOS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	42
FIGURA 44: FERRO NOS SEDIMENTOS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	42
FIGURA 45: ZINCO NOS SEDIMENTOS DE FEVEREIRO A AGOSTO DE 2013.....	43

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: PONTOS DE COLETA DO SUB-PROGRAMA 7.1 DA UHE FOZ DO CHAPECÓ.....	2
TABELA 2: PARÂMETROS MONITORADOS NO SUB-PROGRAMA 7.1 E PERIODICIDADE DAS COLETAS.....	4
TABELA 3: CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO PARA RIOS SEGUNDO ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO.....	7
TABELA 4: CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO PARA RESERVATÓRIOS SEGUNDO ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO.....	7
TABELA 5: PARÂMETROS SELECIONADOS E RESPECTIVOS PESOS.....	8
TABELA 6: CLASSIFICAÇÃO DO IQA.....	8
TABELA 7: VARIÁVEIS SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS PESOS.....	9
TABELA 8: MATRIZ DE QUALIDADE DA ÁGUA (*).....	9
TABELA 9: VALORES ORIENTADORES ESTABELECIDOS NA RES. CONAMA 454/12.....	11

## 1 INTRODUÇÃO

Este documento é o “Relatório Técnico Semestral – RSR 05” que apresenta a avaliação da qualidade das águas superficiais e sedimentos durante o semestre compreendido entre os meses fevereiro e agosto de 2013. Corresponde o quinto relatório semestral da Fase Reservatório do Sub-Programa 7.1 – Monitoramento das Águas Superficiais.

## 2 METODOLOGIA

A seguir é apresentada a metodologia empregada na execução das atividades, como por exemplo, a sistemática das campanhas de amostragem de água, os parâmetros de qualidade da água selecionados para o monitoramento, a localização dos pontos de amostragem e o tratamento efetuado nos dados obtidos.

### 2.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS E SISTEMA DE COLETA

A Tabela 1 apresenta os pontos de amostragem de água e sedimentos com as seguintes informações: codificação do ponto, descrição do local, altitude e coordenadas UTM.

Tabela 1: Pontos de coleta do sub-programa 7.1 da UHE Foz do Chapecó.

Ponto	Descrição	Altitude	Coordenadas UTM	
UAc (*)	Reservatório, ponto próximo à barragem, abrange todas as contribuições recebidas pelo rio Uruguai;	265 m	0298032	6994768
TLB	Tributário lajeado Bonito;	300 m	0296425	6986889
TL	Reservatório, contribuição do tributário rio Lambedor;	265 m	0317232	6995910
UCe (*)	Reservatório, abrange contribuição dos tributários formadores da parte central do reservatório;	265 m	0315141	6993143
TIn	Tributário rio dos Índios;	520 m	0322132	6979717
TT	Tributário rio Tigre;	380 m	0324052	6996095
TPF	Reservatório, contribuição do tributário rio Passo Fundo;	265 m	0332678	6979383
UCa (*)	Reservatório, ponto abrange contribuição dos tributários formadores da cabeceira do reservatório;	265 m	0333878	6982790
Tlr	Tributário rio Irani;	272 m	0349235	6994404
TA	Tributário rio Ariranha;	330 m	0358868	6994478
UPb (*)	Reservatório, Ponto Branco, jusante da UHE Itá;	265 m	0360009	6981307
TJC	Tributário rio Chapecó;	226 m	0302483	7003552
UJu1 (*)	Jusante da UHE Foz do Chapecó, Rio Uruguai + Água Vertida;	235 m	0298601	6998924
UJu2 (*)	Jusante da UHE Foz do Chapecó, TJC + UJU1 + Água Turbinada.	225 m	0294664	6994230

(\*) Pontos onde são monitorados os sedimentos de fundo.

A Figura 1 apresenta os pontos de coleta de água e sedimentos distribuídos espacialmente no mapa georreferenciado do reservatório da UHFC.

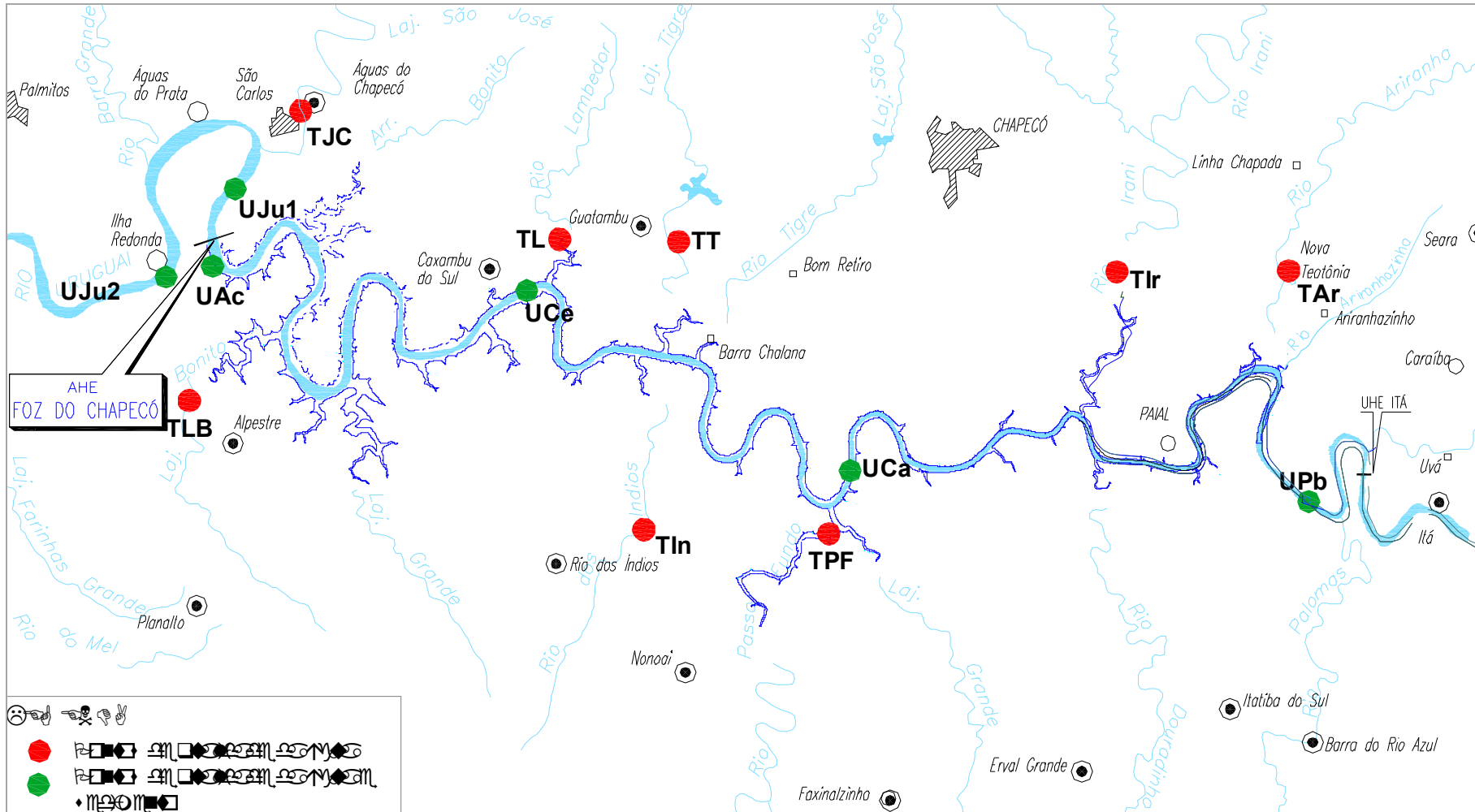


Figura 1: Distribuição espacial dos pontos de coleta de água e sedimentos.



A tabela a seguir (Tabela 2) apresenta os parâmetros monitorados nas águas superficiais e sedimentos de fundo com a respectiva periodicidade de coleta.

**Tabela 2: Parâmetros monitorados no sub-programa 7.1 e periodicidade das coletas.**

<b>Parâmetros nas águas com periodicidade MENSAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Perfil transversal da coluna de água (temperatura, OD, pH, condutividade), Fitoplâncton, Zooplâncton e Densidade de cianobactérias.	UCa, UCe e UAc
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Alcalinidade total, Cádmio, Cloretos, Clorofila_a, Coliformes fecais, Coliformes totais, Condutividade elétrica, DQO, DBO5, Dureza, Fenóis totais, Ferro total, Fósforo total, Fosfato total, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio total, Óleos e graxas, Oxigênio dissolvido, Oxigênio saturado, pH, Sólidos totais, Temperatura da água, Transparência da água, Turbidez.	UAc, TLB, TL, UCe, TIn, TT, TPF, UCa, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nas águas de profundidade com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Déficit de oxigênio dissolvido, Fósforo total, Nitrogênio inorgânico total, Clorofila_a, Profundidade Secchi, DQO, Fitoplâncton, Profundidade média (Parâmetros para cálculo do IQAR).	UCa, UCe e UAc
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade TRIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Fitoplâncton, Zooplâncton e Densidade de cianobactérias.	TLB, TL, TIn, TT, TPF, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade SEMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Agroquímicos (fipronil e glifosato).	UAc, TLB, TL, UCe, TIn, TT, TPF, UCa, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nos sedimentos com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Arsênio, Bário, Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro e Zinco.	UAc, UCe, UCa, UPb, UJu1 e UJu2

Neste período (fevereiro a agosto de 2013) foram realizadas três campanhas de amostragem de água codificadas como “CPR (campanha reservatório)”, a saber:

- CPR14: Fevereiro de 2013
- CPR15: Abril de 2013
- CPR16: Junho de 2013

A metodologia aplicada na coleta e preservação das amostras, bem como a análise dos dados é realizada de acordo com as recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater e da Environmental Protection Agency – EPA. No entanto, na impossibilidade de seguir rigorosamente os procedimentos internacionais, são adotados os procedimentos estabelecidos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB/ANA, 2011).

Em campo, nas amostras de água, foram determinados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, pH, condutividade elétrica e transparência.

A coleta do material planctônico foi realizada com redes específicas conforme solicitado no PBA e as amostras fixadas formol para posterior encaminhamento ao laboratório de análises.

Para a coleta das amostras de sedimentos de fundo também foi utilizada a metodologia descrita no Guia da Cetesb, citado anteriormente, empregando em campo o amostrador tipo Rock Island.

## **2.2 INFORMAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA**

Para a análise pluviométrica da bacia hidrográfica da UHE Foz do Chapecó foram considerados dados de precipitação pluviométrica (chuva) da estação meteorológica de Chapecó, obtidos junto ao Programa 4 – Monitoramento Climatológico da UHE Foz do Chapecó. Foram realizadas as comparações dos totais mensais de chuva do período em estudo com a série histórica.

## **2.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS**

Para os resultados dos parâmetros monitorados encontrados nas amostras de água foram elaborados gráficos com os dados obtidos em cada coleta do semestre, onde no eixo das abscissas (x) foram dispostos os pontos de amostragem, indicando o seu comportamento ao longo do curso d'água, e no eixo das ordenadas (y), os parâmetros monitorados em cada campanha indicando a evolução dos mesmos ao longo do tempo. Para aqueles parâmetros listados na legislação (artigo 15 da Resolução Conama 357/05) foi realizada a comparação com os padrões e condições de qualidade para águas doces classe 2. Também foram aplicados os índices ambientais IET (Índice de Estado Trófico), IQA (Índice de Qualidade da Água) e IQAR (Índice de Qualidade da Água de Reservatórios).

Os resultados de metais nos sedimentos foram classificados de acordo com o grau de contaminação química do sedimento com vistas na proteção da vida aquática, segundo os valores guias estabelecidos pelo “Canadian Council os Ministers of the Environment” (CCME, 2001) para arsênio e metais pesados (cádmio

cobre, cromo e zinco). Tais critérios foram adotados pela Res. Conama 454/12 que estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado. Neste caso também foram elaborados gráficos com os dados obtidos, onde no eixo das abscissas (x) foram dispostos os pontos de amostragem e no eixo das ordenadas (y), os parâmetros monitorados em cada campanha para mostrar a evolução dos mesmos ao longo do tempo.

### 2.3.1 IET - Índice de Estado Trófico

Este índice foi aplicado em cada ponto de coleta com a finalidade de classificá-los em diferentes graus de trofia.

A metodologia utilizada para a determinação do IET é a de Carlson modificada por Lamparelli (2004), que realizou estudos com dados levantados da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo, executada pela CETESB (2006).

O índice é composto pelo IET para o fósforo – IET (PT) e pelo IET para a clorofila\_a – IET (CL), determinados por equações específicas para ambientes lóticos e lênticos.

- Equações para Rios (ambientes lóticos):

$$IET(CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$
$$IET(PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

- Equações para Reservatórios (ambientes lênticos):

$$IET(CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2))$$
$$IET(PT) = 10 \times (6 - ((1,77 - 0,42 \times (\ln PT)) / \ln 2))$$

Sendo:

P = concentração de fósforo total medida na superfície da água, em µg/L.

CL = concentração de clorofila\_a medida na superfície da água, em µg/L.

Seguindo recomendações da Cetesb para a interpretação do IET, quando não houver resultados para o fósforo ou clorofila, o cálculo será realizado a partir do parâmetro disponível e esse considerado como equivalente ao IET. Quando os dados de ambas as variáveis estiverem disponíveis, o resultado do IET será calculado pela média aritmética simples dos índices relativos à clorofila\_a e ao fósforo.

Para a classificação deste índice foram adotados os seguintes estados de trofia com diferentes limites estabelecidos para rios (Tabela 3) e reservatórios (Tabela 4):

Tabela 3: Classificação do Estado trófico para rios segundo Índice de Carlson modificado

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RIOS				
Categoria	Ponderação	Secchi – S (m)	P-total – P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila_a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		P > 640	CL > 7,46

Tabela 4: Classificação do Estado trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson modificado

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RESERVATÓRIOS				
Categoria	Ponderação	Secchi – S (m)	P-total – P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila_a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	P > 233	CL > 69,05

### 2.3.2 IQA - Índice de Qualidade das Águas

O IQA, conceitualmente, é determinado pelo produtório ponderado da qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecais, nitratos, orto-fosfato, sólidos totais e turbidez, obtido pela seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

$w_i$  = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Onde:

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Foram atribuídos pesos relativos aos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de ponderação (Tabela 5).

**Tabela 5: Parâmetros selecionados e respectivos pesos**

PARÂMETROS	PESOS
Coliforme Fecal	0,15
DBO <sub>5</sub>	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
pH	0,12
Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
TOTAL	1,00

Fonte: CETESB, 2006.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, a qual é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 6, conforme classificação da CETESB.

**Tabela 6: Classificação do IQA**

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2006.

### 2.3.3 IQAR - Índice de Qualidade das Águas de Reservatório

Para o cálculo do Índice da Qualidade de Água de Reservatórios, as variáveis selecionadas recebem pesos distintos em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água (Tabela 7).

**Tabela 7: Variáveis selecionadas e seus respectivos pesos**

VARIÁVEIS	PESOS "wi"
Déficit de oxigênio dissolvido (%) *	17
Fósforo total (P-mg/L)**	12
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L)**	08
Clorofila_a (mg/m3)***	15
Profundidade Secchi (m)	12
Demanda química de oxigênio - DQO (O2-mg/L)**	12
Fitoplâncton (diversidade e florações)**	08
Tempo de residência (dias)	10
Profundidade média (m)	06

(\*) média da coluna de água; (\*\*) média das profundidades I e II; (\*\*\*) profundidade I

A matriz desenvolvida apresenta seis classes de qualidade de água, as quais foram estabelecidas a partir do cálculo dos percentuais de 10, 25, 50, 75 e 90% de cada uma das variáveis mais relevantes selecionadas (Tabela 8).

**Tabela 8: Matriz de Qualidade da Água (\*)**

VARIÁVEIS "I"	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V	CLASSE VI
Déficit de oxigênio (%)	≤ 5	6 - 20	21 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
Fósforo total (P-mg/L)	≤ 0,010	0,011 - 0,025	0,026 - 0,040	0,041 - 0,085	0,086 - 0,210	> 0,210
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L)*	≤ 0,15	0,16 - 0,25	0,26 - 0,60	0,61 - 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0
Clorofila_a (mg/m3)	≤ 1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 10,0	11,0 - 32,0	> 32
Profundidade Secchi (m)	≥ 3	3 - 2,3	2,2 - 1,2	1,1 - 0,6	0,5 - 0,3	< 0,3
DQO (O2-mg/L)	≤ 3	3 - 5	6 - 8	9 - 14	15 - 30	> 30
Tempo de residência (dias)	≤ 10	11 - 40	41 - 120	121 - 365	366 - 550	> 550
Profundidade média (m)	≥ 35	34 - 15	14 - 7	6 - 3,1	3 - 1,1	< 1
Fitoplâncton (diversidade de espécies)	Baixa, sem predominância de espécies	Média a alta, sem predominância de espécies	Média a alta, com predominância de espécies	Reduzida, com predominância de espécies	Reduzida, com predominância de espécies	Muito reduzida, com predominância de espécies

Cianobactérias (cel/mL)	< 5.000	5.001 a 10.000	10.001 a 20.000	20.001 a 50.000	50.001 a 100.00	> 100.000
Fitoplâncton (florações)	Sem	Rara	Eventual	Frequente	Frequente / permanente	Permanente

(\*) Modificado em 2004

As seis classes de qualidade de água estabelecidas, segundo seus níveis de comprometimento, podem ser definidas conforme segue: Classe I (não impactado a muito pouco degradado); Classe II (pouco degradado); Classe III (moderadamente degradado); Classe IV (criticamente degradado a poluído); Classe V (muito poluído); Classe VI (extremamente poluído).

### Cálculo do IQAR

A classe de qualidade de água a que cada reservatório pertence é calculada através do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR), de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQAR = \frac{\sum(w_i \cdot q_i)}{\sum w_i}$$

Onde:

$w_i$  = pesos calculados para as variáveis "i";

$q_i$  = classe de qualidade de água em relação a variável "i", q pode variar de 1 a 6.

### 2.3.4 Sedimentos

Os resultados de metais nos sedimentos foram classificados de acordo com o grau de contaminação química do sedimento com vistas na proteção da vida aquática, segundo os valores guias estabelecidos pelo "Canadian Council os Ministers of the Environment" (CCME, 2001) para arsênio e metais pesados (cádmio, cobre, cromo e zinco). Tais critérios foram adotados pela Res. Conama 454/12 que estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado.

De acordo com a metodologia, o menor limite, Nível 1, representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos. O maior limite, Nível 2, representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado o citado efeito adverso para os organismos. E na faixa entre os dois níveis situam-se os valores onde ocasionalmente esperam-se tais efeitos. A adoção desses valores teve caráter meramente orientativo na busca de evidências da presença de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos deletérios, sobretudo com relação à toxicidade para a biota. A Tabela 9 mostra os valores orientadores estabelecidos pelo CCME e Res. Conama 454/12.

Tabela 9: Valores orientadores estabelecidos na Res. Conama 454/12.

Variáveis <sup>a</sup>	Unidade	Nível 1	Nível 2
<b>Metais e Metalóides</b>			
Arsênio	µg/g	5,9	17
Cádmio	µg/g	0,6	3,5
Chumbo	µg/g	35	91,3
Cobre	µg/g	35,7	197
Cromo	µg/g	37,3	90
Mercúrio	µg/g	0,17	0,486
Níquel	µg/g	18	35,9
Zinco	µg/g	123	315
<p>a = Parâmetros legislados pela Resolução Conama 454/12</p> <p>b = concentrações abaixo deste valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos</p> <p>c = concentrações acima deste valor são freqüentemente associadas a efeitos biológicos adversos.</p>			

### 3 ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DO SEMESTRE

#### 3.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A comparação da precipitação pluviométrica ocorrida na estação de Chapecó (Figura 2) evidenciou que os meses de março, abril, junho e agosto de 2013 apresentam valores totais acima das médias históricas.

Os meses de maio e julho apresentaram os menores volumes de chuva, representando cerca de 50% da média histórica esperada.



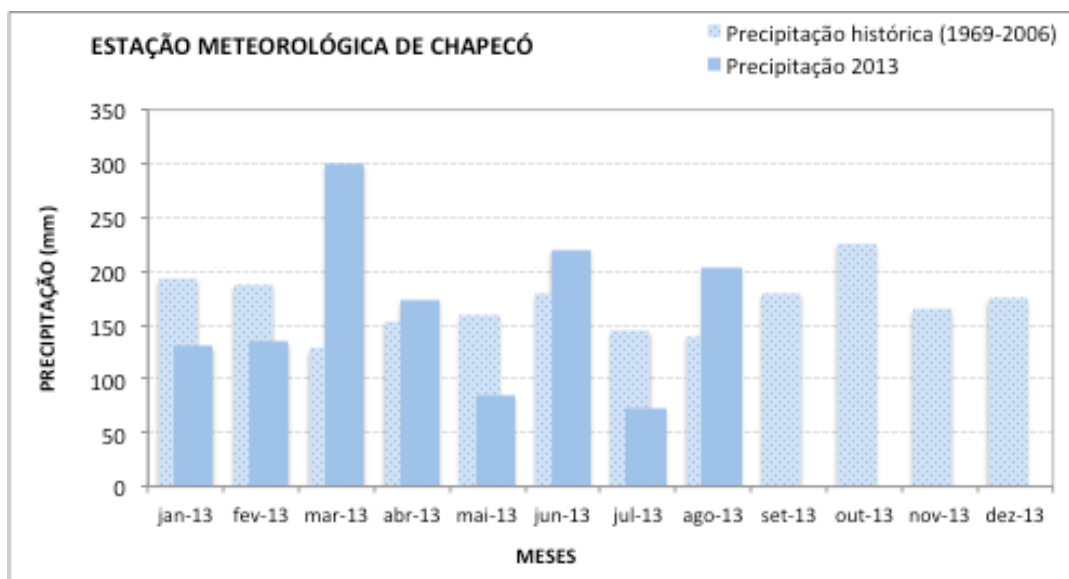


Figura 2: Comparação entre a série histórica das precipitações e o ocorrido em 2013.

## 4 ANÁLISE SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS

A seguir é apresentada a análise dos parâmetros de qualidade da água através da sua evolução temporal nos 14 pontos de amostragem e o comparativo com a Res. Conama 357/05. Na sequência, no item 4.2, é apresentada a análise dos demais parâmetros.

### 4.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS - ATENDIMENTO AOS PADRÕES DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

A Resolução Conama 357/05 estabelece, dentre outros, as condições e padrões da qualidade das águas doces, através de limites individuais para determinadas substâncias em cada classe de água. Na região de abrangência deste estudo, as águas doces são classificadas na Classe 2, conforme Portaria Nº 24/79 do estado de Santa Catarina.

Os parâmetros comentados neste item são:

- ✓ Oxigênio dissolvido;
- ✓ pH;
- ✓ Sólidos totais;
- ✓ Turbidez;

- ✓ Fósforo total;
- ✓ Nitrito;
- ✓ Nitrato;
- ✓ Cloretos;
- ✓ Fenóis;
- ✓ DBO<sub>5</sub>;
- ✓ Clorofila a;
- ✓ Coliformes termotolerantes;
- ✓ Densidade de cianobactérias;
- ✓ Glifosato.

Destaca-se que as concentrações de nitrito, cloretos e glifosato foram detectadas em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando a apresentação gráfica.

Quanto aos resultados dos parâmetros, o oxigênio dissolvido (Figura 3) apresentou valor médio de 8,8 mg/L entre os pontos localizados no reservatório e 8,3 mg/L nos tributários, ou seja, muito semelhante. Verificou-se condição de supersaturação no ponto UAc (próximo à barragem) na campanha de fevereiro, relacionado principalmente à atividade do fitoplâncton. Um corpo d'água com crescimento excessivo de algas pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C.

Em relação ao atendimento do limite da legislação, apenas o ponto UPb (jusante da UHE Itá), na campanha de abril de 2013, apresentou desconformidade.

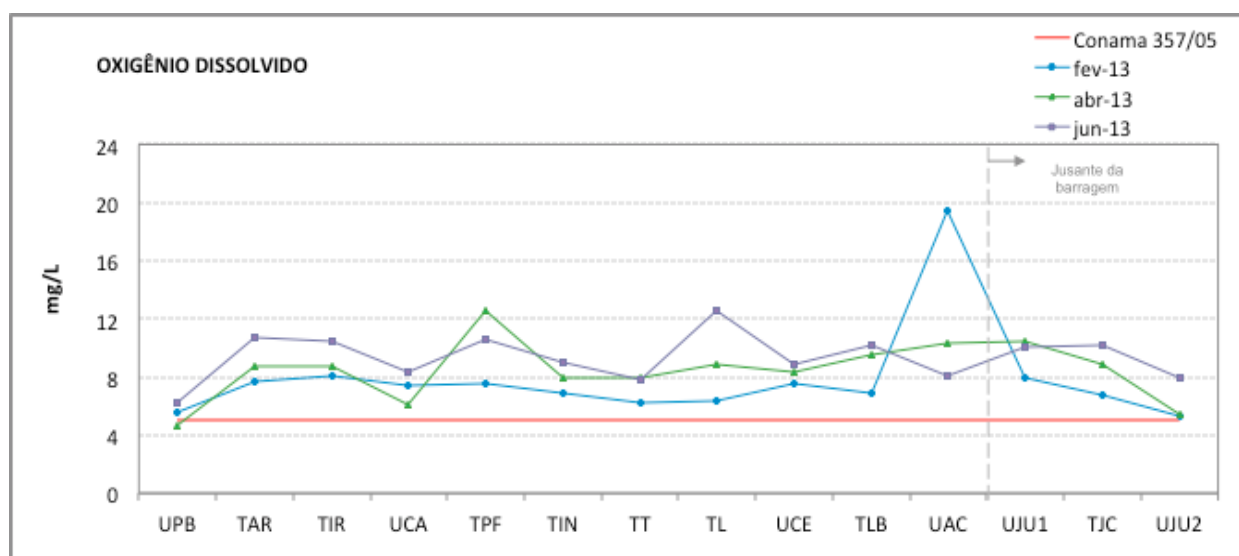


Figura 3: Oxigênio dissolvido no período de fevereiro a agosto de 2013.

O potencial hidrogeniônico indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.

O valor médio do pH nos pontos do reservatório foi de 7,3 unidades e de 6,9 unidades nos ambientes lóticos. Com relação aos limites da legislação, apenas dois pontos (TPF e TIn) apresentaram resultados ligeiramente desconformes na campanha de abril (Figura 4).

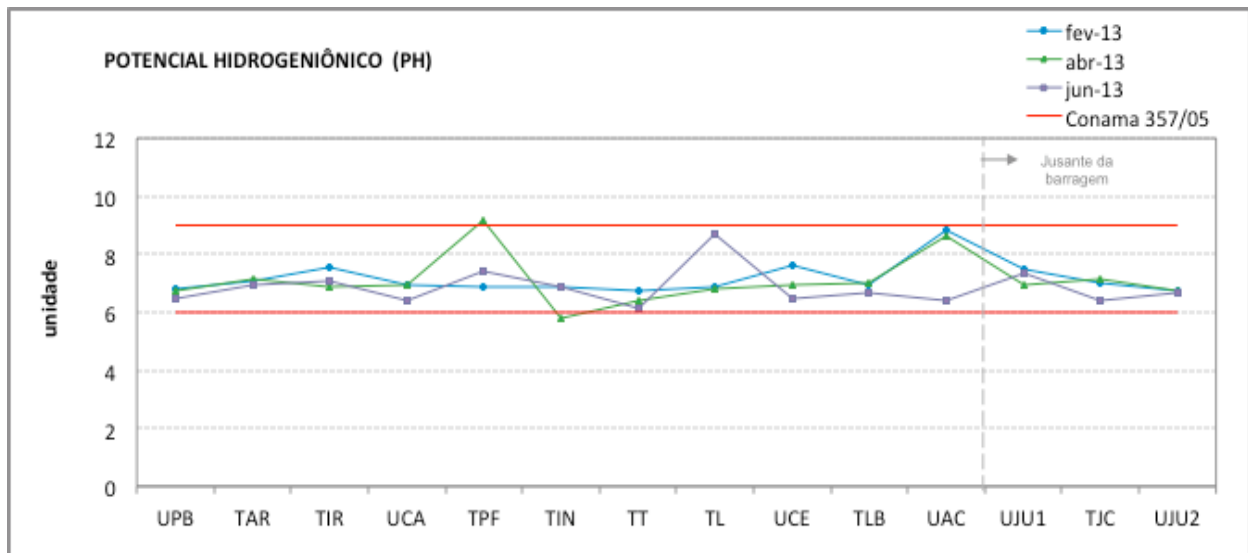


Figura 4: pH no período de fevereiro a agosto de 2013.

O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e quando em elevadas concentrações em lagos e represas pode conduzir a eutrofização. De acordo com Resolução Conama 357/05, o valor limite para ambiente lótico é de 0,1 mg/L P e para ambiente lêntico é de 0,03 mg/L P.

Durante as três campanhas (Figura 5) os pontos de ambiente lêntico apresentaram em torno de 39% dos resultados desconformes com a legislação. No entanto, ao analisar os pontos a jusante da usina, todos os resultados apresentaram conformidade.

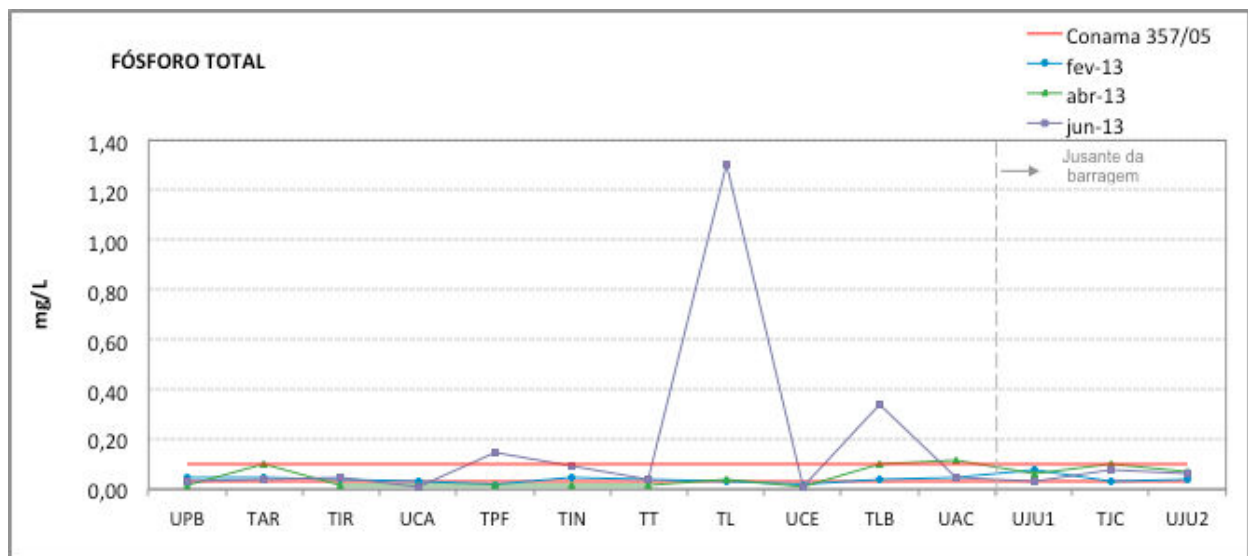


Figura 5: Fósforo total no período de fevereiro a agosto de 2013.

Na região de abrangência da UHE Foz do Chapecó os pontos monitorados apresentaram resultados de nitrato inferiores ao limite máximo da legislação. No período em análise os resultados variaram entre valores inferiores ao limite de detecção até 5,4 mg/L N (Figura 6). O valor mais elevado foi detectado no TAR (tributário Ariranha), mesmo comportamento do semestre anterior.

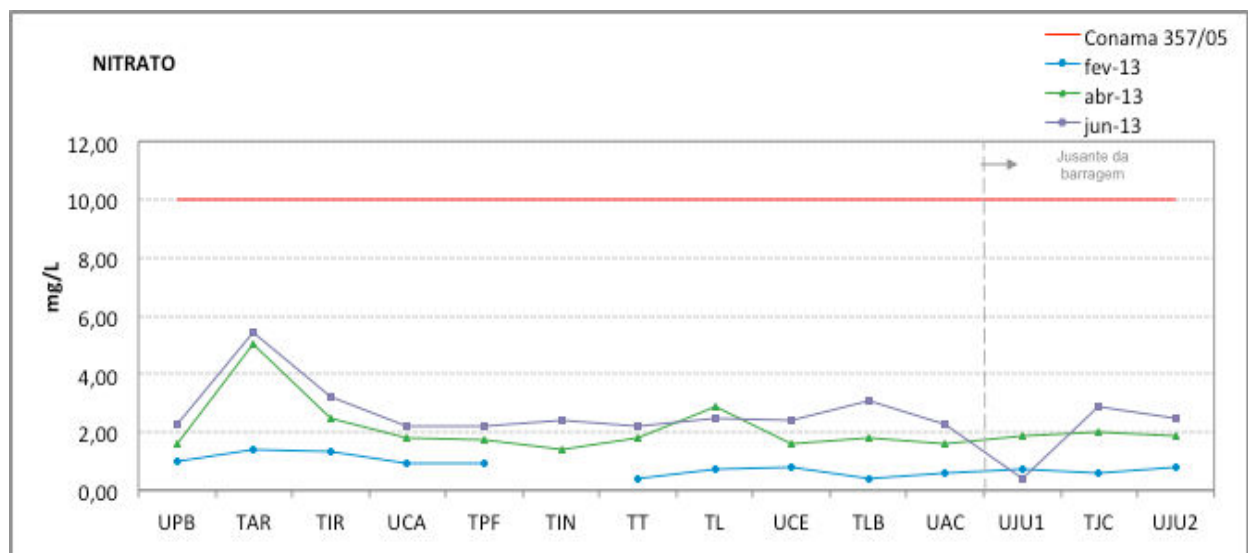


Figura 6: Nitrato no período de fevereiro a agosto de 2013.

Os coliformes fecais, representados pela bactéria Escherichia Coli, são encontrados em esgotos, efluentes tratados e em águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos e animais.

Na Figura 7 verifica-se que os resultados desconformes, na região a montante da barragem, ocorreram nos braços de contribuição (tributários). Nos pontos a jusante, na campanha de abril de 2013, foram detectados dois resultados desconformes, no rio Chapecó (TJC) e a jusante da barragem (UJu1).

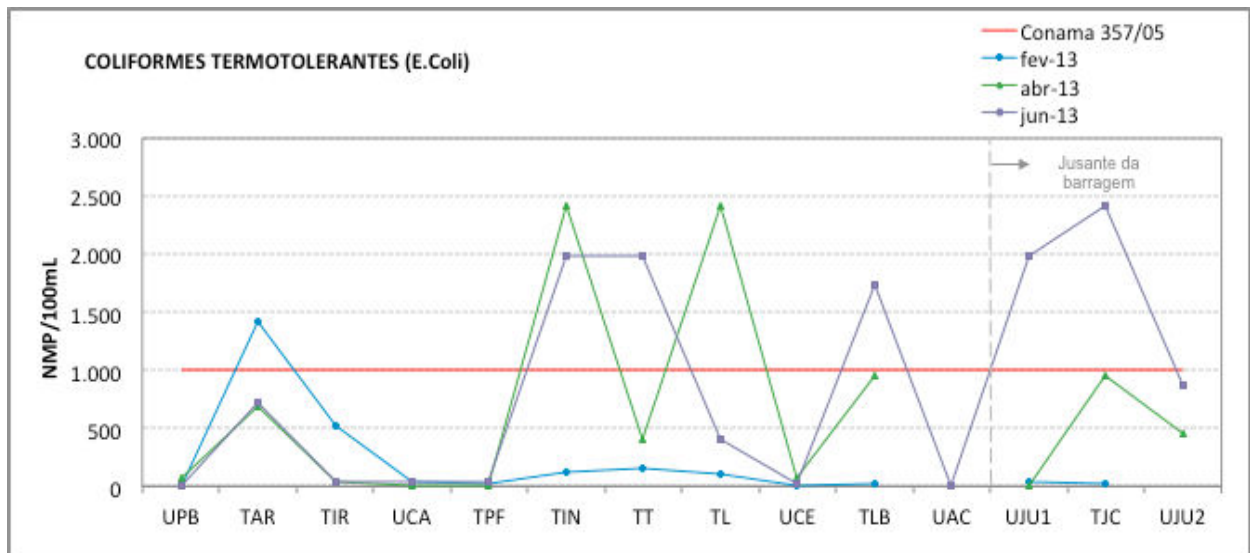


Figura 7: Coliformes termotolerantes no período de fevereiro a agosto de 2013.

As medidas de turbidez efetuadas entre os pontos monitorados registraram valores inferiores ao limite preconizado na legislação (100 UNT) nas três campanhas. Exceção apenas para o ponto TLB (lajeado Bonito) que apresentou um valor desconforme na campanha de junho de 2013 (Figura 8). Este comportamento do TLB também se repetiu no semestre anterior.

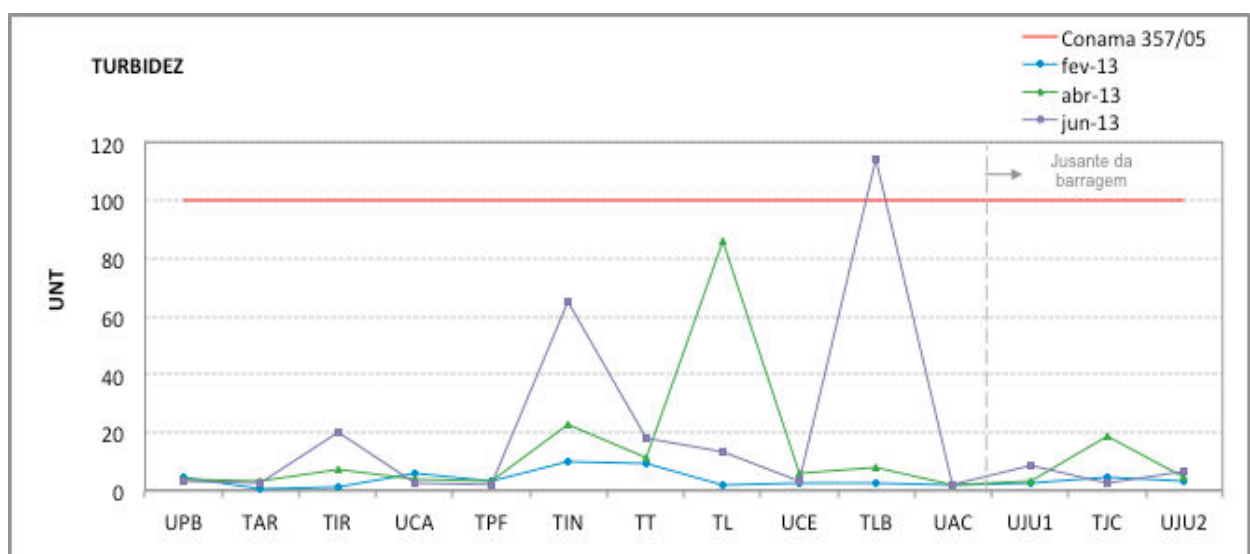


Figura 8: Turbidez no período de fevereiro a agosto de 2013.

Os resultados dos sólidos totais atenderam ao Conama 357/05 (500 mg/L) em todo o período (Figura 9). A amplitude dos resultados variou entre não detectado (dados ausentes no gráfico) até 267 mg/L.

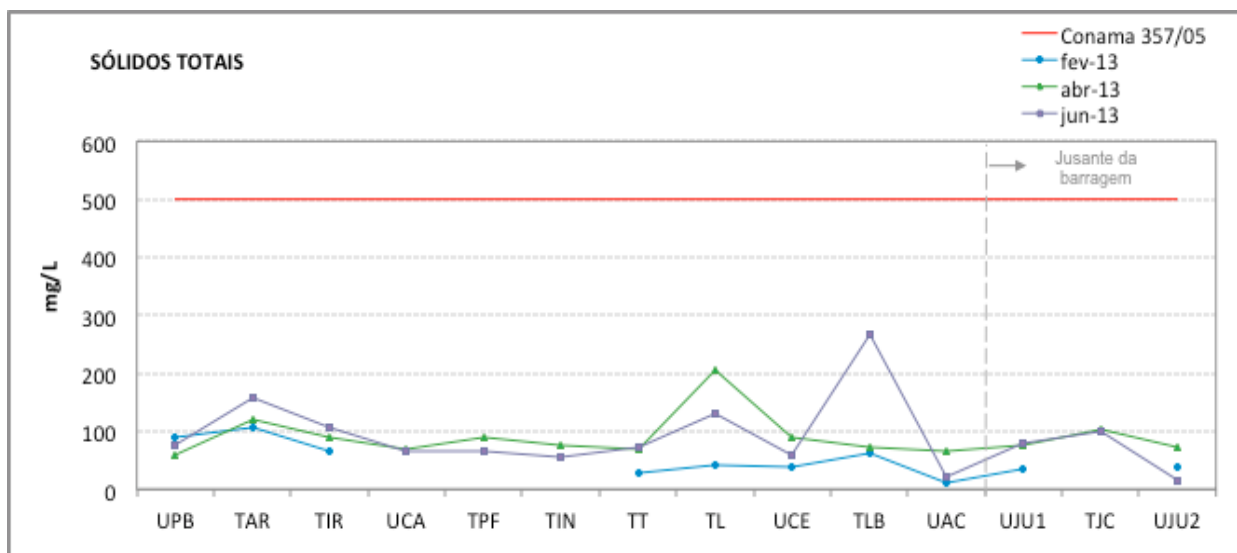


Figura 9: Sólidos Totais no período de fevereiro a agosto de 2013.

Os fenóis podem estar presentes naturalmente em águas naturais em pequenas concentrações por serem constituintes das plantas, podendo também ser formados durante os processos de humificação no solo, ou podem ser consequência da poluição por despejos industriais como subprodutos de indústria de papel e celulose, de tintas, farmacêutica e agroquímica.

Os resultados dos pontos monitorados variaram de valores não detectados até o limite da legislação (0,003 mg/L).

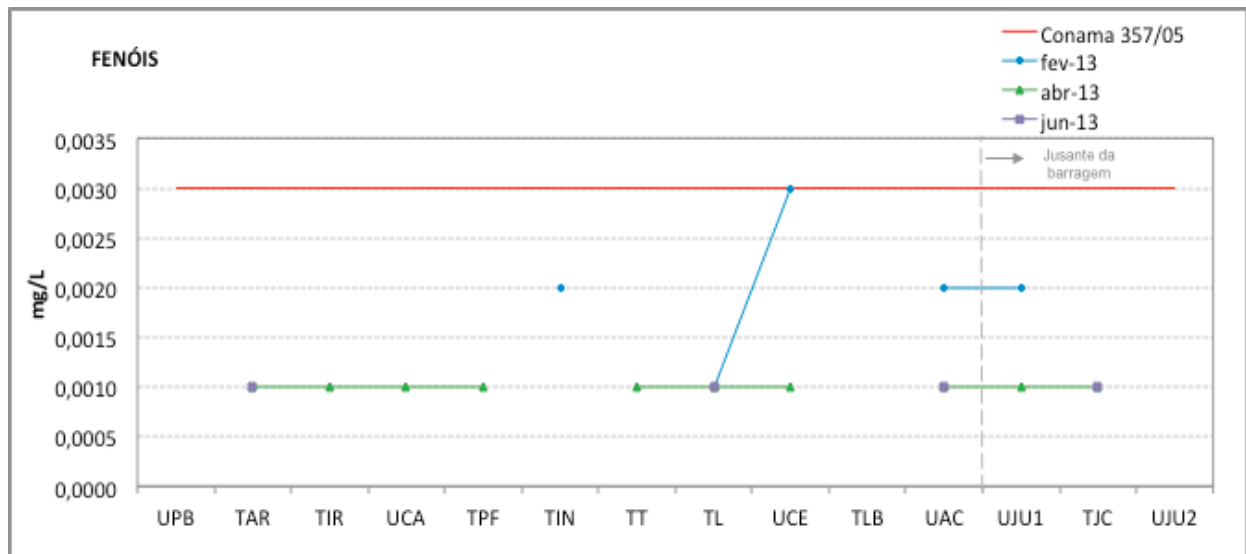


Figura 10: Fenóis no período de fevereiro a agosto de 2013.

A clorofila a não foi detectada na maioria dos pontos (Figura 11). Porém, quando detectada apresentou alguns resultados superiores ao recomendado pela legislação nos pontos localizados a montante da barragem.

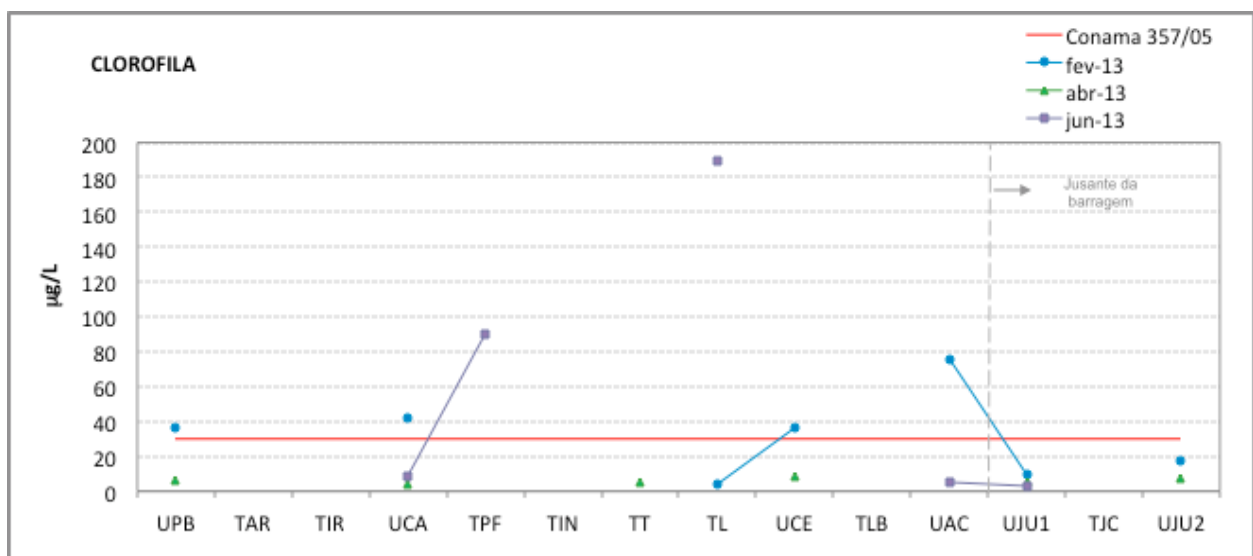


Figura 11: Clorofila a no período de fevereiro a agosto de 2013.

A DBO<sub>5</sub> de uma água representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Um elevado valor da DBO<sub>5</sub> pode indicar um incremento da microflora presente no ambiente e interferir no equilíbrio da vida aquática.

No período em análise, a concentração da DBO<sub>5</sub> foi detectada em alguns pontos, sendo quatro resultados desconformes com a legislação (Figura 12).

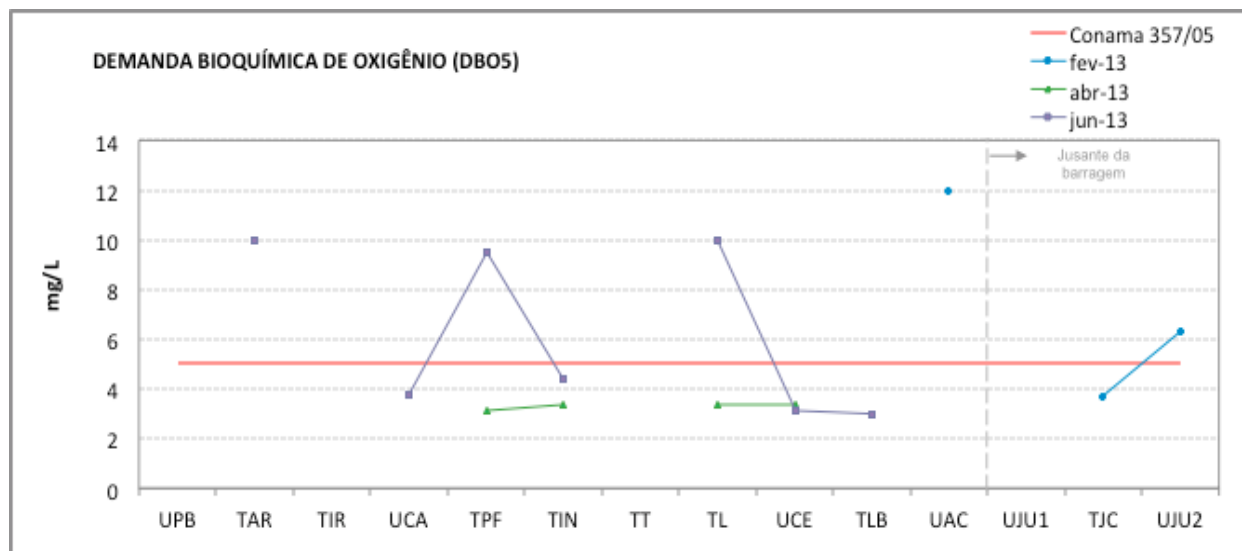


Figura 12: DBO<sub>5</sub> no período de fevereiro a agosto de 2013.

## 4.2 DEMAIS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Os parâmetros não listados na Resolução Conama 357/05, comentados neste item, são os seguintes:

- ✓ Oxigênio saturado;
- ✓ Temperatura da água;
- ✓ Nitrogênio total;
- ✓ Fosfato;
- ✓ Dureza;
- ✓ Óleos e graxas;
- ✓ Condutividade;
- ✓ Ferro;
- ✓ Transparência da água;
- ✓ DQO;
- ✓ Alcalinidade;
- ✓ Coliformes totais;
- ✓ Fipronil (Klap).

Com relação aos óleos e graxas e fipronil (klap), estes foram detectados em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando na apresentação gráfica.



Quanto aos resultados dos parâmetros, o oxigênio de saturação (Figura 13) variou entre 55 e 230%, com as maiores variações observadas nos pontos UAc, TPF e TL. A condição de supersaturação, conforme comentado para o oxigênio dissolvido, pode estar relacionada à atividade do fitoplâncton.

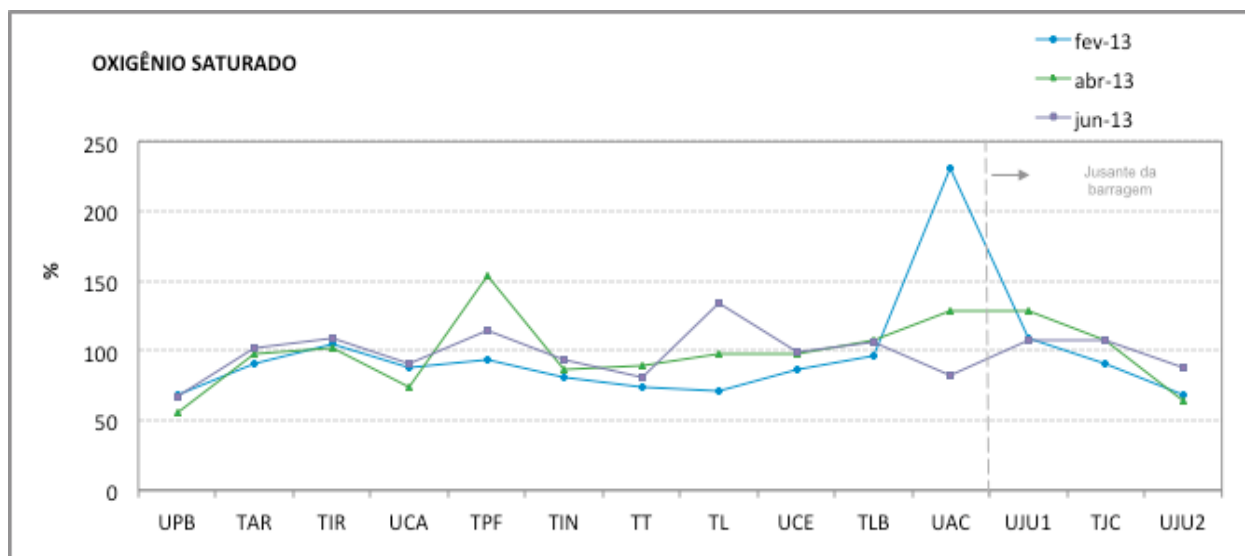


Figura 13: Saturação de oxigênio no período de fevereiro a agosto de 2013.

Conforme a Figura 14, a temperatura da água retratou as condições do período em análise, ou seja, diminuição entre fevereiro e junho de 2013. As temperaturas médias foram de 25°C em fevereiro, 23°C em abril e 19°C em junho.

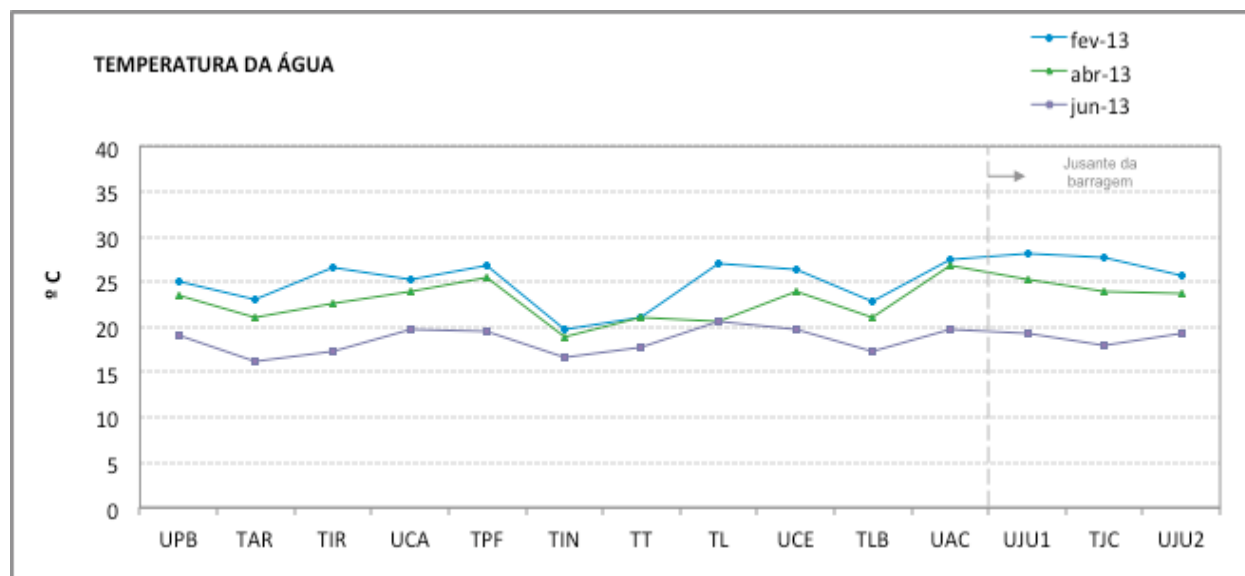


Figura 14: Temperatura da água no período de fevereiro a agosto de 2013.

O nitrogênio total apresentou resultados mais elevados na campanha de junho. Destaque para o ponto TL (rio Lamedor) que apresentou o maior valor do período na campanha de abril (Figura 15).

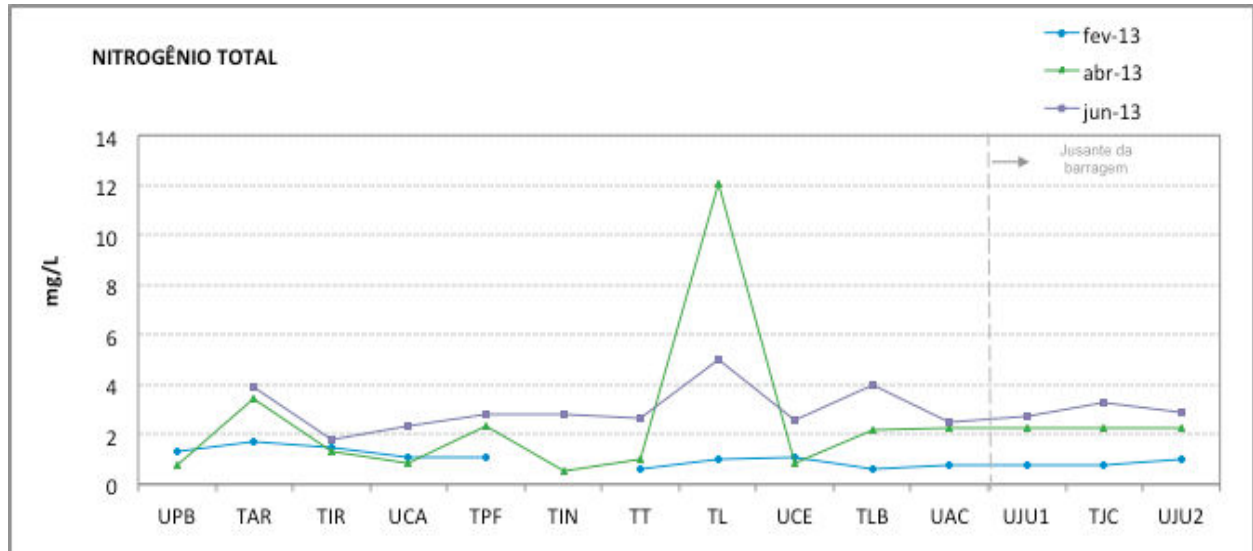


Figura 15: Nitrogênio total no período de fevereiro a agosto de 2013.

Com relação à dureza, verificou-se que o ponto TAR apresentou os maiores valores do período (Figura 16), assim como no semestre anterior. Os valores oscilaram entre 5,8 mg/L e 44,3 mg/L, classificando a água como “água mole”, o que é positivo, pois águas classificadas como “duras”, ou seja, valores de carbonato de cálcio superiores a 150 mg/L, estão associadas a incrustações em tubulações.

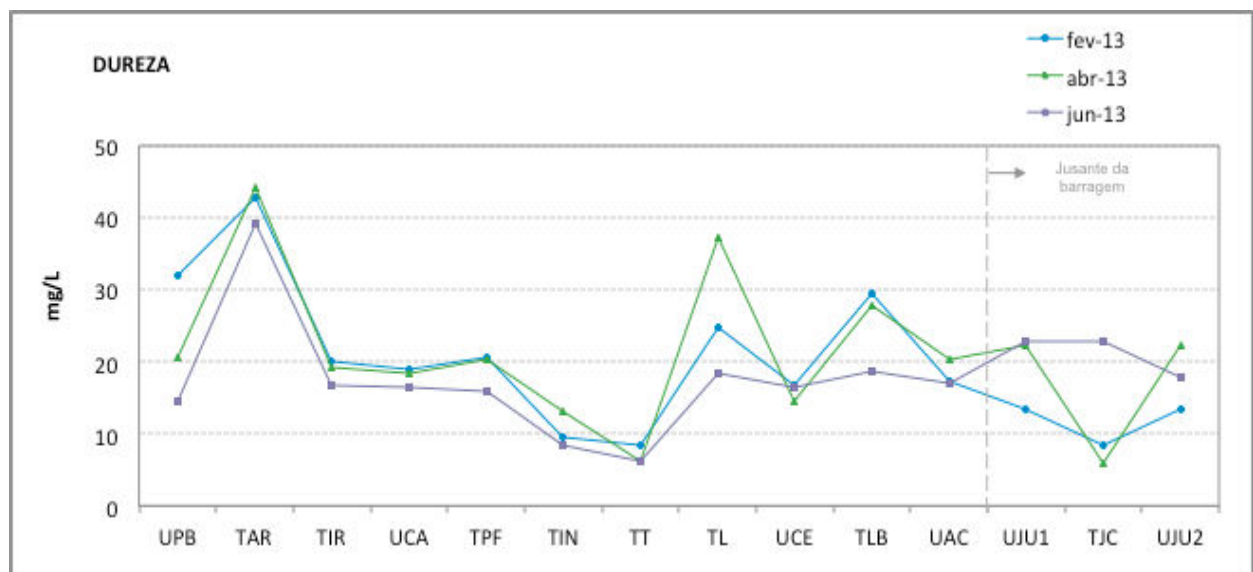


Figura 16: Dureza no período de fevereiro a agosto de 2013.

Quanto aos valores de condutividade elétrica da água, o limite superior esperado para águas naturais é 100,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Valores superiores a este podem ser associados a águas poluídas em função do aumento do conteúdo mineral. Porém, a Figura 17 mostra que na região de abrangência da UHE Foz do Chapecó apenas o Tributário Ariranha (TAr) ultrapassou esse valor de referência nas três campanhas. Este comportamento também foi constatado no semestre anterior.

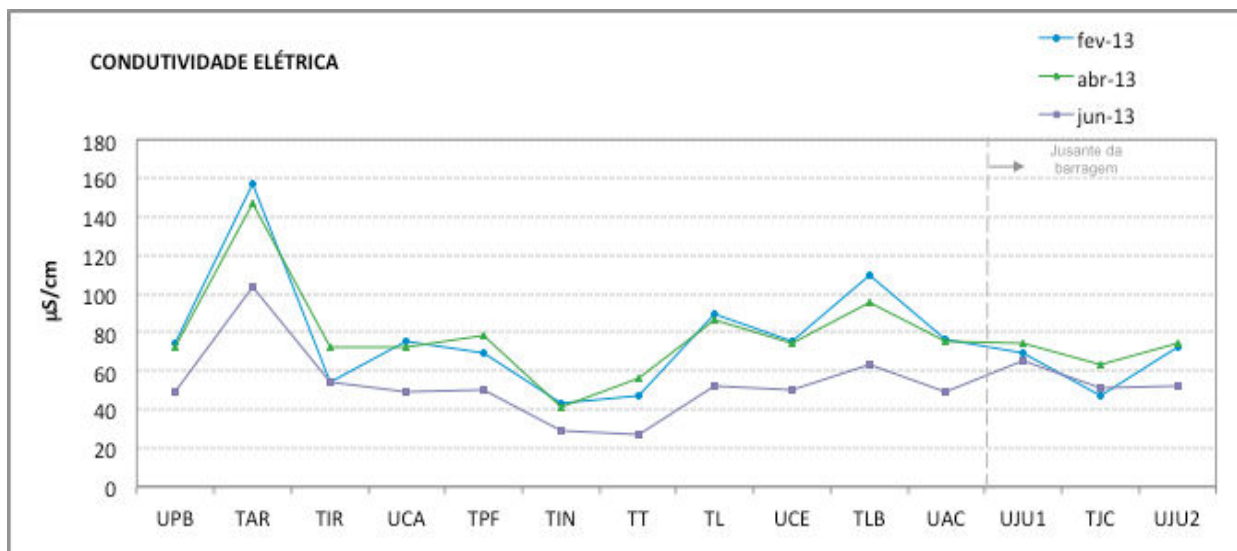


Figura 17: Condutividade elétrica no período de fevereiro a agosto de 2013.

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, por isso seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo em concentrações reduzidas. No caso da região em estudo, os resultados de ferro variaram entre 0,1 e 3,6 mg/L (Figura 18), com exceção apenas do TLB, que na campanha de junho apresentou o resultado de 11,6 mg/L, e o TL, que na campanha de abril apresentou 9,2 mg/L Fe.

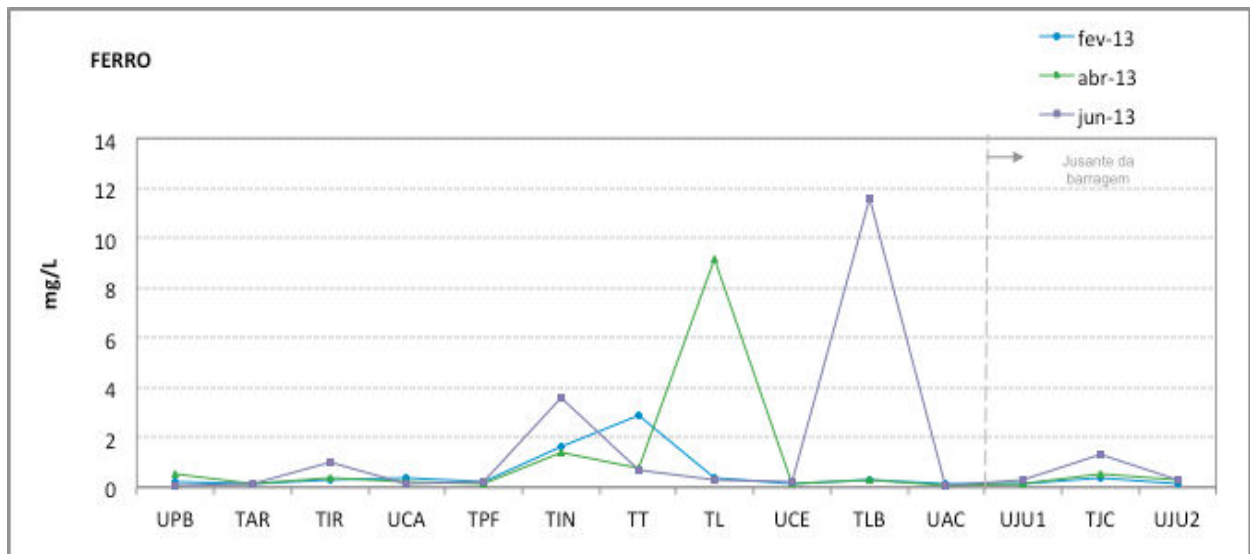


Figura 18: Ferro total no período de fevereiro a agosto de 2013.

Os valores da transparência da água (Figura 19) ao longo dos pontos de coleta variaram entre 0,1 e 2,3 m. O valor médio entre os pontos localizados no reservatório foi de 1,40m e entre os pontos de ambiente lótico de 0,9m.

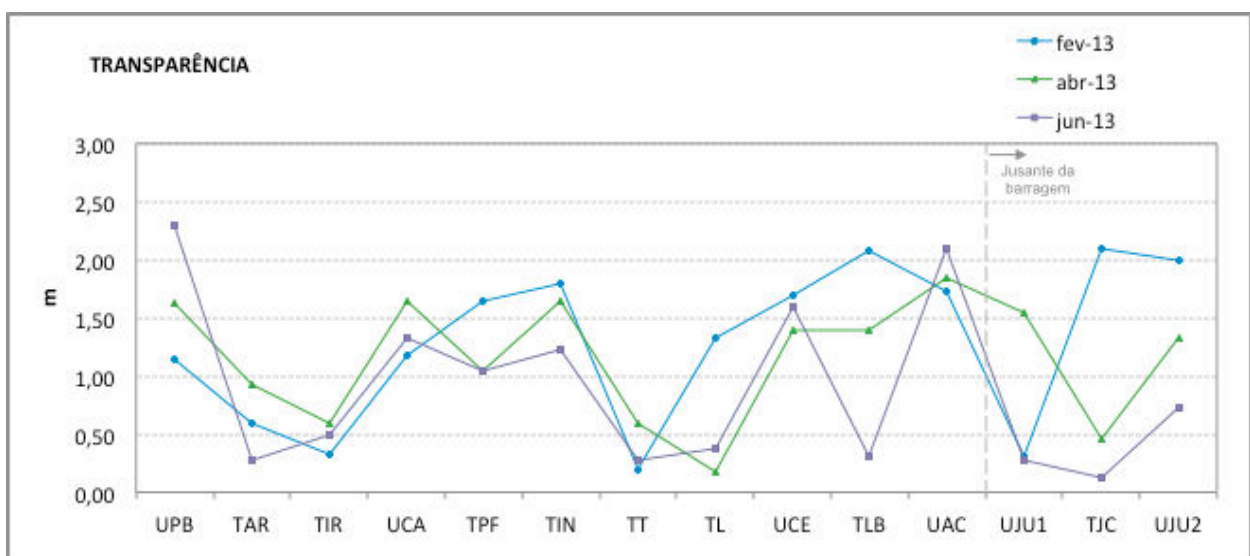


Figura 19: Transparência da no período de fevereiro a agosto de 2013.

A medida da DQO considera a estabilidade da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim como a DBO<sub>5</sub>, este parâmetro é importante na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

Na região em estudo, conforme a Figura 20, os valores mais elevados de DQO foram detectados nos ambientes léticos (TPF, TL e TLB), além do tributário TAR (rio Ariranha).

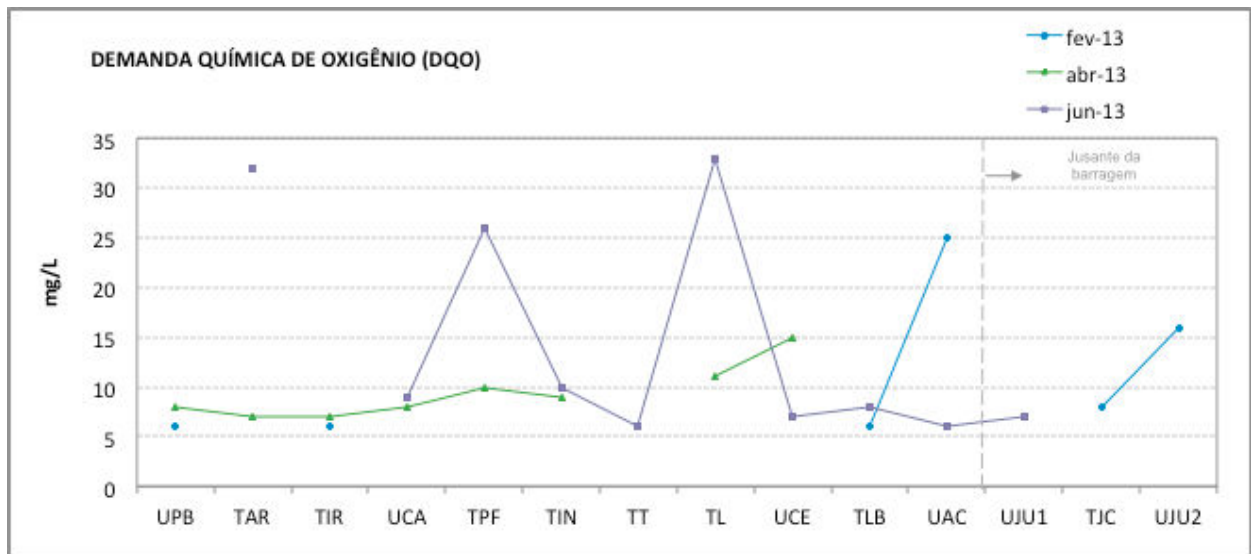


Figura 20: DQO ao longo dos pontos de coleta no período de fevereiro a agosto de 2013.

A alcalinidade é a medida total das substâncias presentes numa água capazes de neutralizar ácidos. Os resultados da alcalinidade total em cada ponto da rede de monitoramento, de maneira geral, foram similares, variando entre 12 e 57mg/L (Figura 21). Exceção para o TL que registrou 150mg/L na campanha de abril.

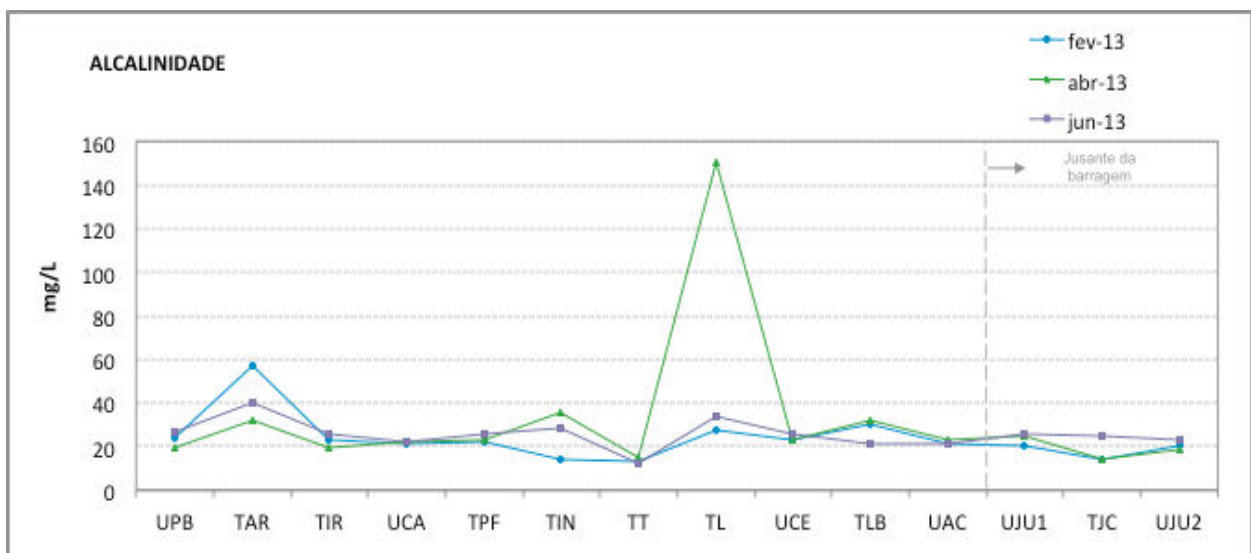


Figura 21: Alcalinidade total ao longo dos pontos de coleta no período de fevereiro a agosto de 2013.

Os coliformes totais podem ser entendidos, de forma simplificada, como coliformes “ambientais”, representando, portanto, organismos de vida livre e não somente de origem do trato intestinal. Por esta razão, os coliformes totais não são utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais.

Os valores mais elevados ocorreram na campanha de abril, cujos resultados foram superiores ao método de detecção do laboratório, por isso ausentes do gráfico. Nas demais campanhas, os coliformes totais foram inferiores a 2.500 NMP/100mL (Figura 22).

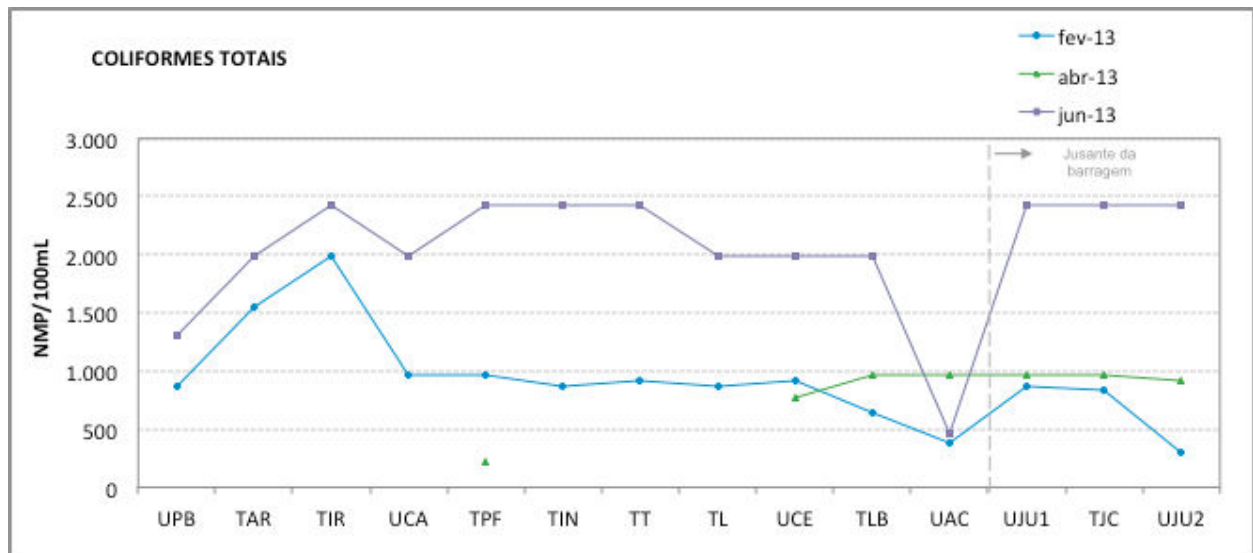


Figura 22: Coliformes totais ao longo dos pontos de coleta no período de fevereiro a agosto de 2013.

O fosfato não foi detectado na maioria dos pontos (Figura 23). Porém, na campanha de junho de 2013 foi detectado em concentração mais elevada no ponto TPF.

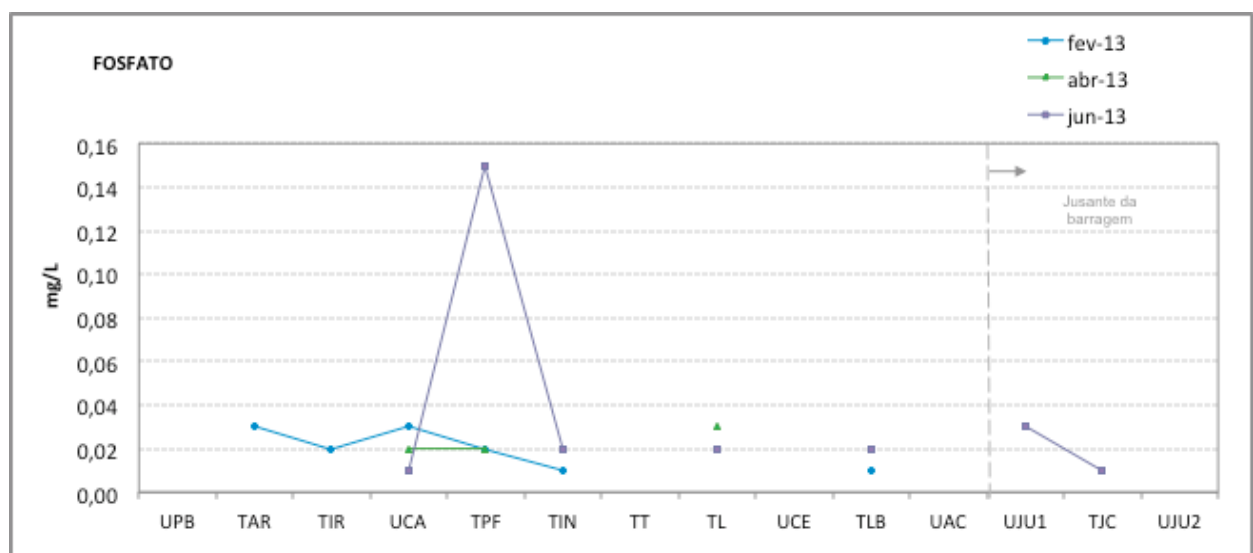


Figura 23: Fosfato ao longo dos pontos de coleta no período de fevereiro a agosto de 2013.

### 4.3 COMUNIDADE PLANCTÔNICA

#### 4.3.1 Fitoplâncton Mensal

Conforme exemplificado na Tabela 2 o fitoplâncton é analisado mensalmente em três pontos no corpo principal do reservatório. Quanto à densidade total, pode-se observar que no mês de fevereiro de 2013 o ponto UCa (cabeceira do reservatório) apresentou a maior densidade, com 38.827 ind/L. A alga que mais influenciou esse resultado foi a espécie *Ceratium sp.* (Dinofíceas) com 38.737 ind/L.

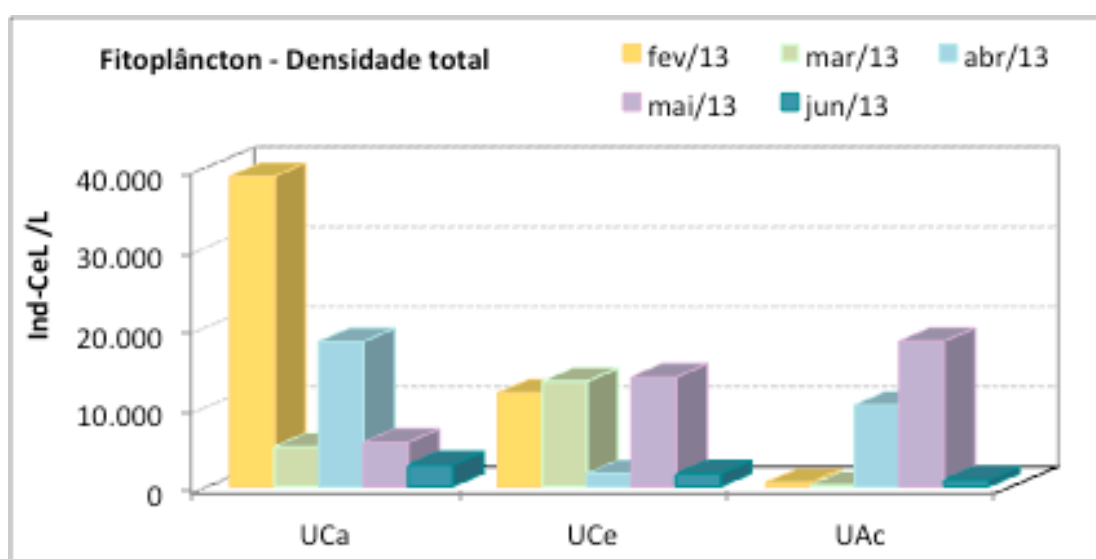


Figura 24: Fitoplâncton mensal – Densidade total no período de fevereiro a agosto de 2013.

Sobre a diversidade de espécies (Figura 25), os valores mais elevados foram verificados próximos à barragem (UAc). O ponto UCa apresentou os menores valores.

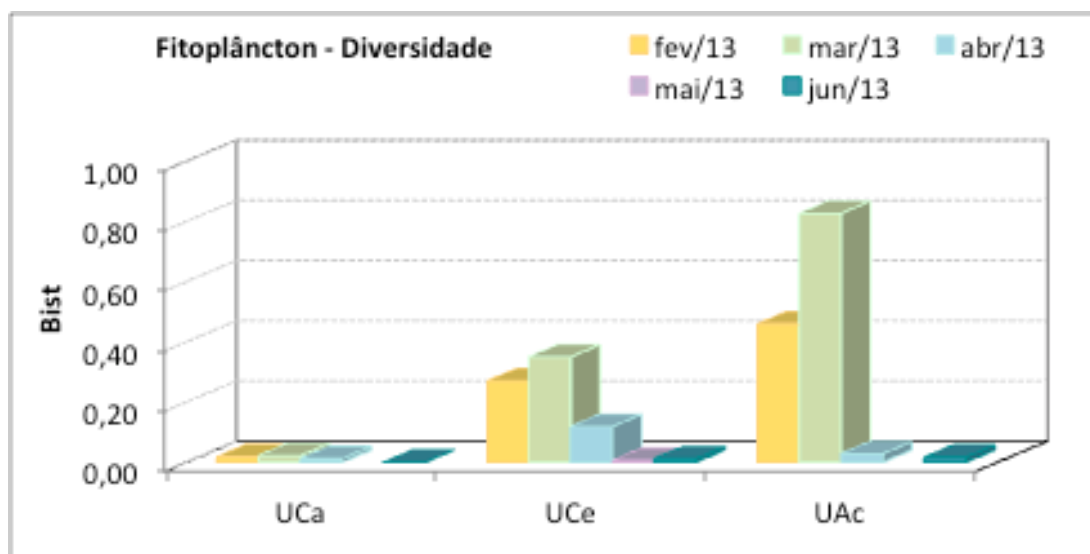


Figura 25: Fitoplâncton mensal – Diversidade no período de fevereiro a agosto de 2013.

Quanto à riqueza de espécies (Figura 26), as campanhas de maio e junho, períodos de menor temperatura, obtiveram a menor representatividade.

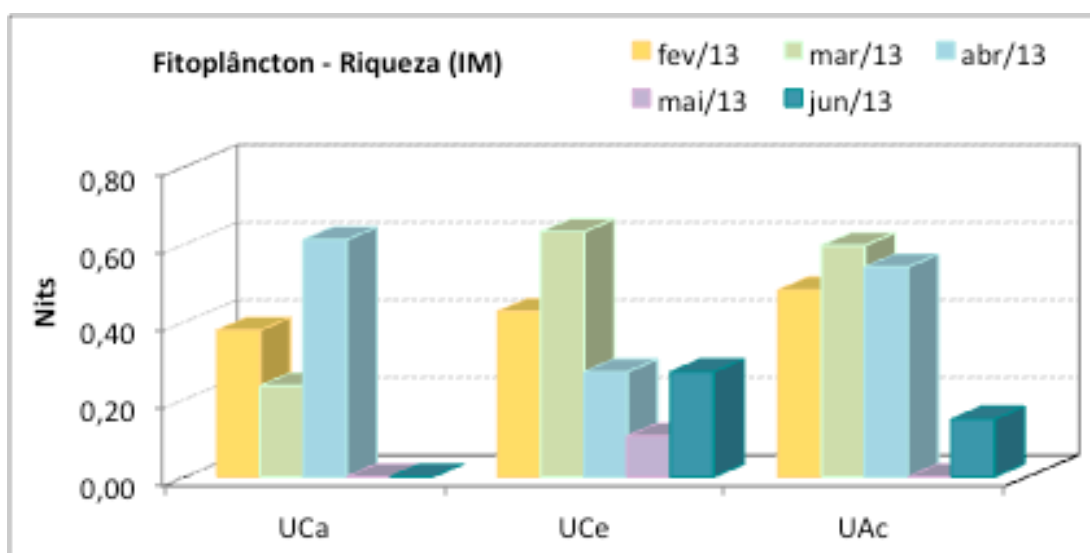


Figura 26: Fitoplâncton mensal – Riqueza no período de fevereiro a agosto de 2013.

Sobre as cianobactérias, estas se encontraram inferiores ao limite de 50.000 cél/mL recomendado pelo Conama 357/05 e não foram detectadas na maioria das campanhas. Estiveram presentes as espécies *Phormidium* sp., *Merismopedia* sp. e *Trichodesmium* sp.



### 4.3.2 Fitoplâncton Trimestral

O fitoplâncton com periodicidade trimestral é analisado em 11 locais, conforme descrito na Tabela 2. No período de fevereiro a agosto de 2013 foram realizadas duas campanhas.

Os pontos TPF, TL e UJU1 apresentaram os valores mais elevados de densidade (Figura 27), influenciada pela presença da espécie *Ceratium* sp.

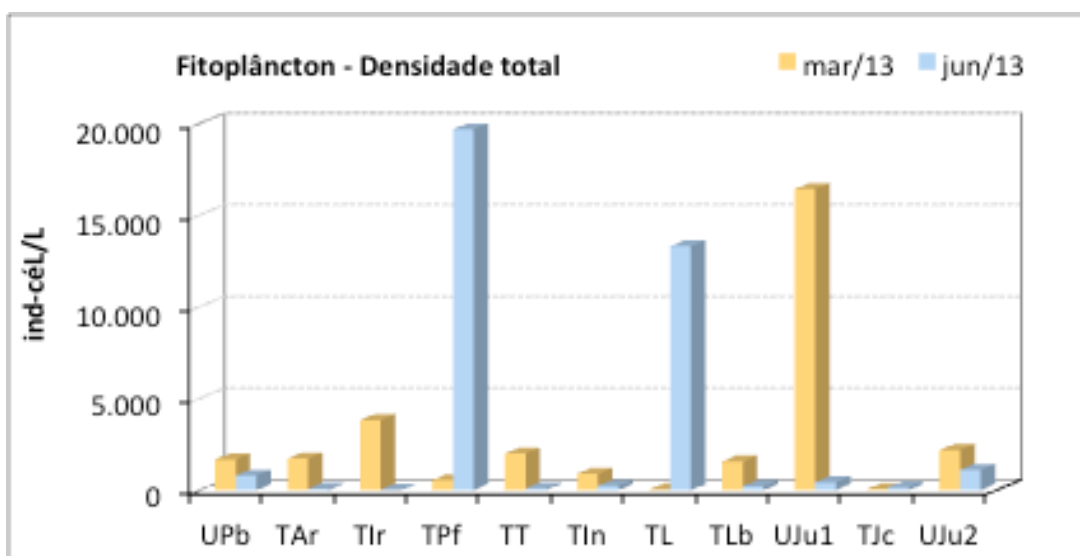


Figura 27: Fitoplâncton trimestral - Densidade total de fevereiro a agosto de 2013.

Quanto à diversidade de espécies (Figura 28), verificou-se que o ponto UPb (jusante da UHE Itá) obteve a menor diversidade em ambas campanhas, assim como no semestre anterior.

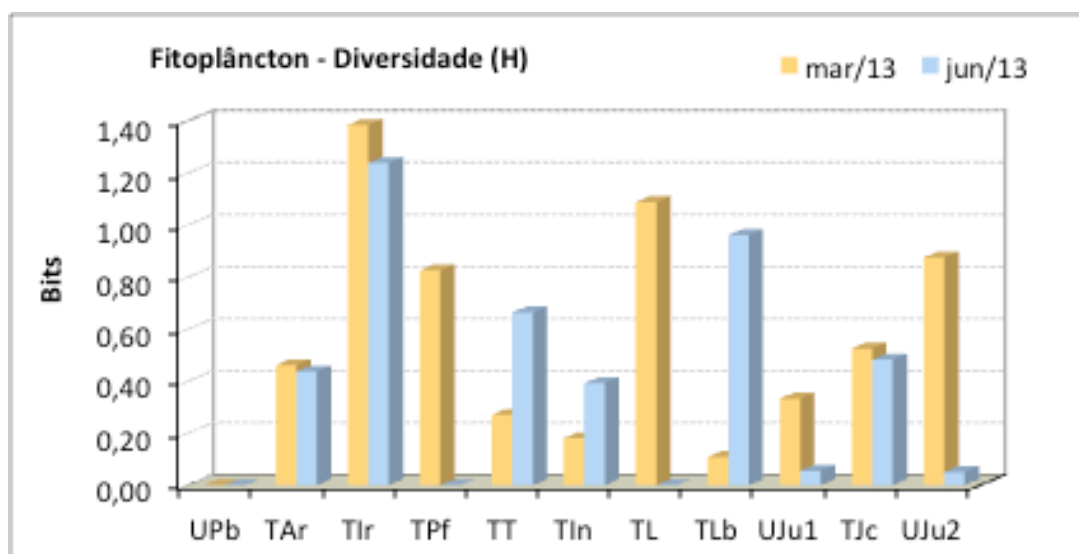


Figura 28: Fitoplâncton trimestral - Diversidade de fevereiro a agosto de 2013.

Quanto à riqueza de espécies (Figura 29), assim como para a diversidade, o ponto UPb apresentou o menor valor, influenciado pela presença exclusivamente da espécie *Ceratium* sp.

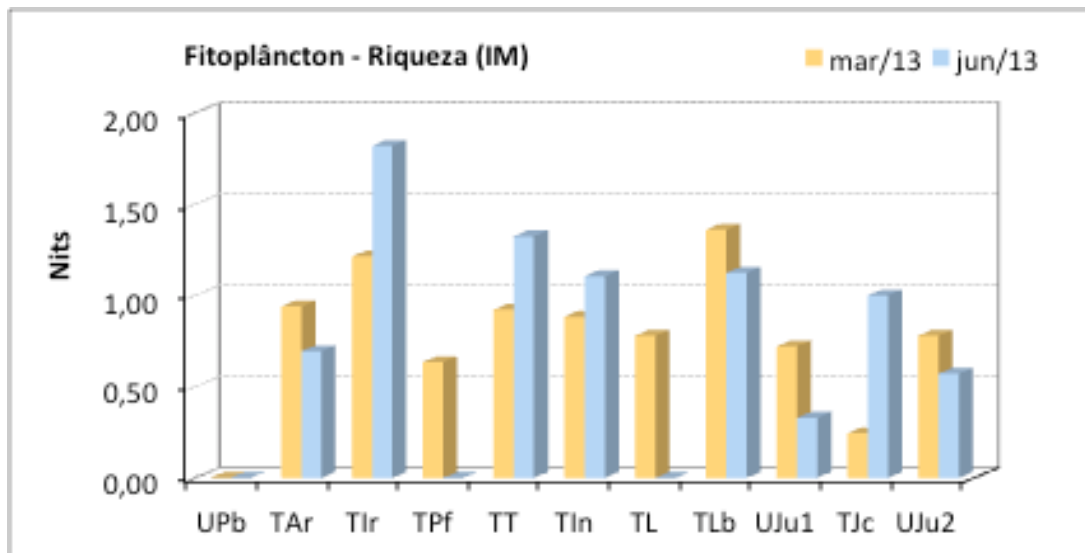


Figura 29: Fitoplâncton trimestral – Riqueza de fevereiro a agosto de 2013.

A campanha de março apresentou o maior número de cianobactérias, mesmo que em valores muito inferiores ao limite estabelecido pela legislação. Os pontos TAr e Tlr apresentaram em março (Figura 30) valores mais elevados de cianobactérias, representados principalmente pelas espécies *Merismopedia* sp, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria* sp, e *Phormidium* sp.

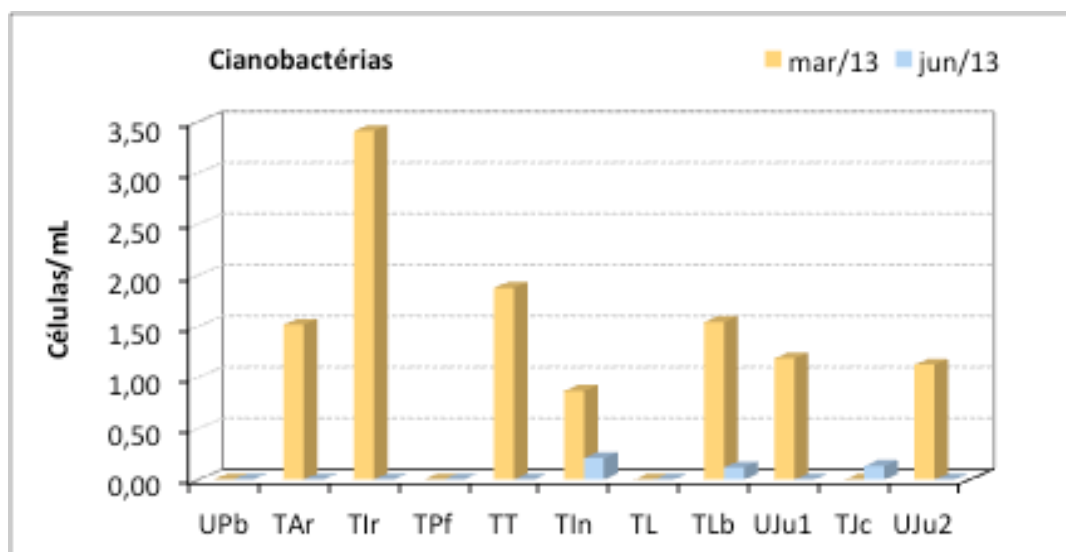


Figura 30: Quantificação de cianobactérias de fevereiro a agosto de 2013.

### 4.3.3 Zooplâncton Mensal

A maior densidade de organismos zooplanctônicos (Figura 31) ocorreu no ponto UAc (próximo da barragem) no mês de abril, chegando a 1.207 ind/L, com destaque para os Arthropodos copepoda adulta e copepodito. Nos demais meses verificou-se baixos valores, especialmente no ponto UCa.

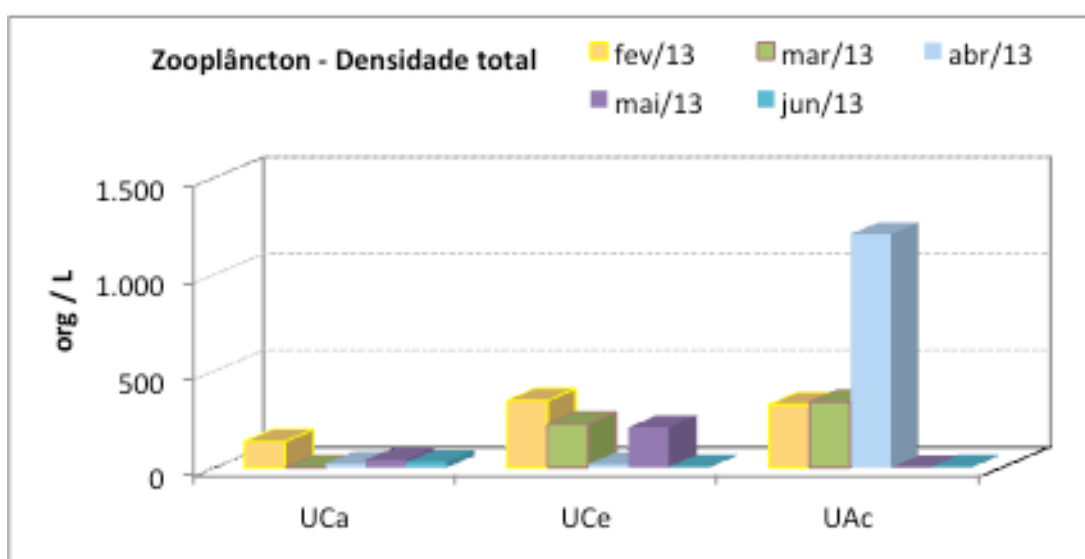


Figura 31: Densidade total do zooplâncton mensal de fevereiro a agosto de 2013.

Com relação à diversidade (Figura 32), verificou-se que o ponto UCe (região central) apresentou mais semelhança entre as campanhas.

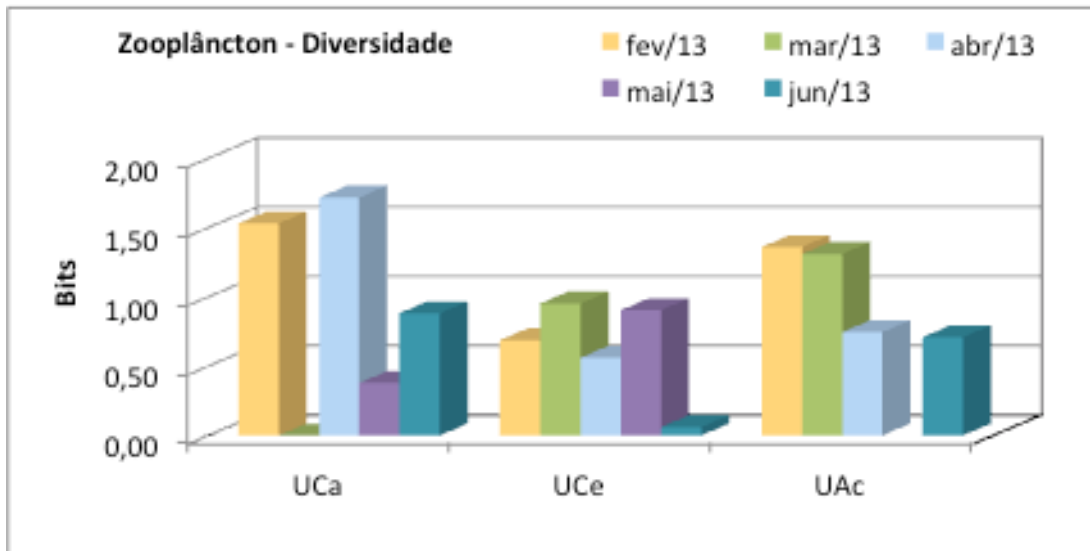


Figura 32: Diversidade do zooplâncton mensal de fevereiro a agosto de 2013.

Os maiores valores de riqueza (Figura 33) foram observadas no ponto UCa (cabeceira do reservatório). Na campanha de abril, nesse ponto, foram detectadas 07 espécies.

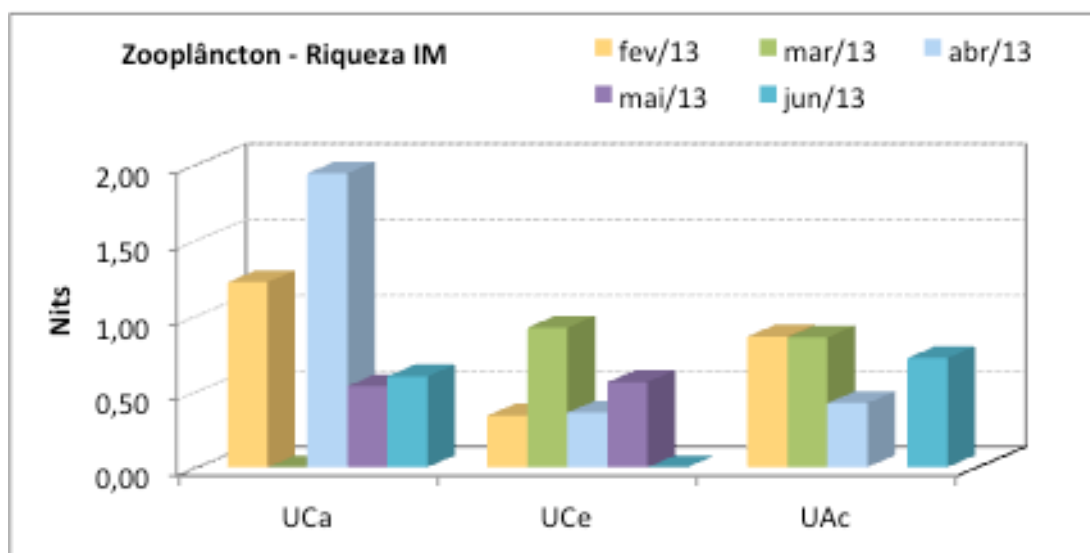


Figura 33: Riqueza do zooplâncton mensal de fevereiro a agosto de 2013.

#### 4.3.4 Zooplâncton Trimestral

Nas campanhas trimestrais de zooplâncton as maiores densidades ocorreram na campanha de março, especialmente no ponto TPF (braço do rio Passo Fundo). Nesse ponto a espécie que se destacou foi copepoda adulto. No mês de junho a densidade mais alta não chegou a 30 ind/L (Figura 34).

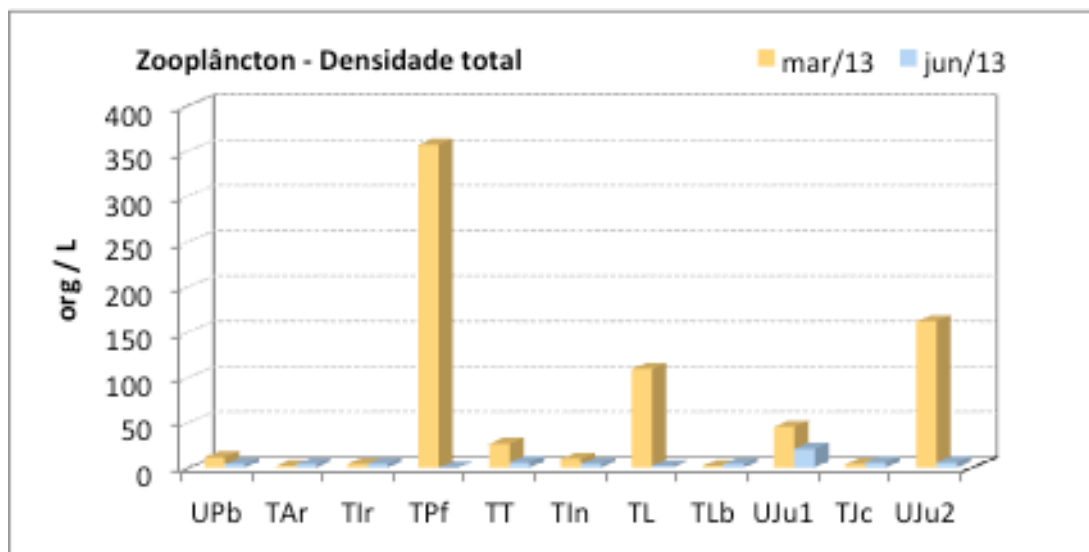


Figura 34: Densidade total do zooplâncton de fevereiro a agosto de 2013.

Com relação à diversidade, os pontos TT e UJu2 apresentaram comportamento semelhante entre as campanhas (Figura 35). Já o ponto TL apresentou a maior variação, pois na campanha de março apresentou a maior diversidade e em contrapartida na campanha de junho, um dos menores valores.

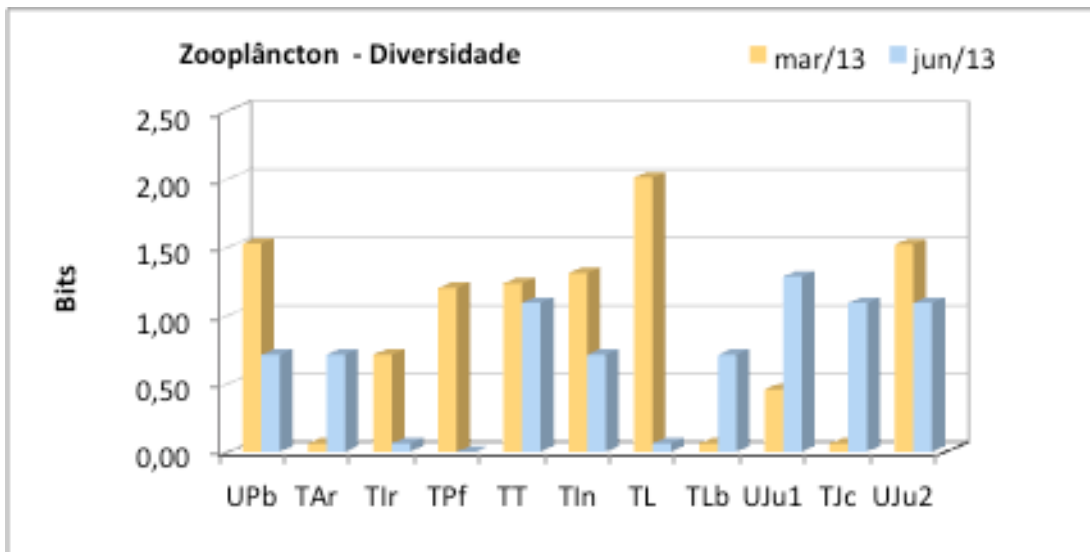


Figura 35: Diversidade do zooplâncton de fevereiro a agosto de 2013.

Os resultados de riqueza apresentaram comportamento similar ao da diversidade (Figura 36).

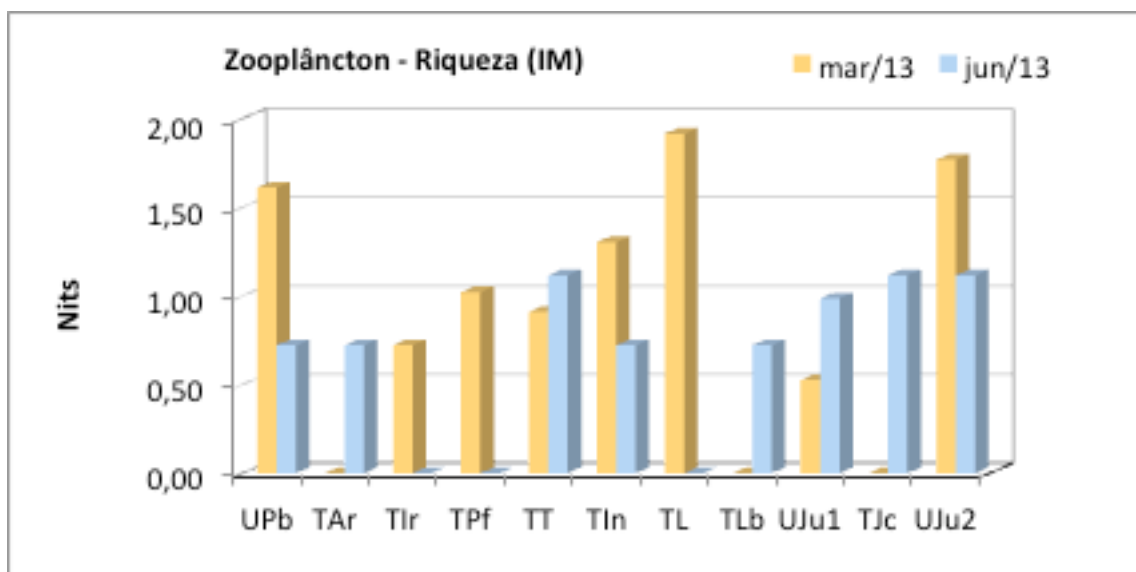


Figura 36: Riqueza do zooplâncton de fevereiro a agosto de 2013.

## 4.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

### 4.4.1 IET – Índice de estado trófico

O IET avalia o grau de trofia do ambiente aquático em termos de fósforo total e clorofila - a. A Figura 37 apresenta a evolução do IET nas campanhas realizadas no período de fevereiro a agosto de 2013.

A maioria dos valores enquadrou a rede de monitoramento na categoria mesotrófica (produtividade intermediária). Destaque para o TL, pois na campanha de junho ultrapassou a categoria supereutrófica (alta produtividade, possibilidade de floração de algas), influenciado pelos valores elevados tanto de fósforo quanto de clorofila.

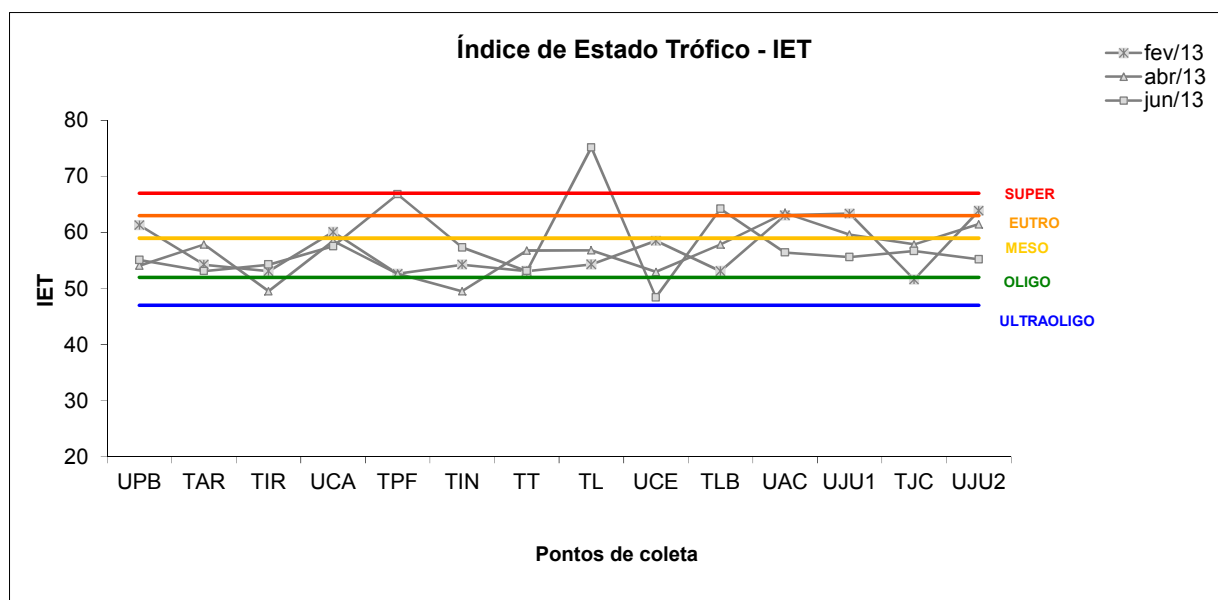


Figura 37: Resultados do IET

### 4.4.2 IQA - Índice de qualidade da água

Conforme detalhado no item 2.3.2 deste documento, o índice de qualidade da água (IQA) congrega nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, fornecendo uma visão geral do lançamento de efluentes sanitários em corpos d'água.

A Figura 38 apresenta a evolução do IQA nos pontos de coleta no período fevereiro a agosto de 2013.

A maioria dos resultados enquadraram as águas entre as categorias boa e ótima. Exceção para os pontos TL e TLB na campanha de junho que foram classificados na categoria regular, devido principalmente aos parâmetros fósforo e coliformes fecais.

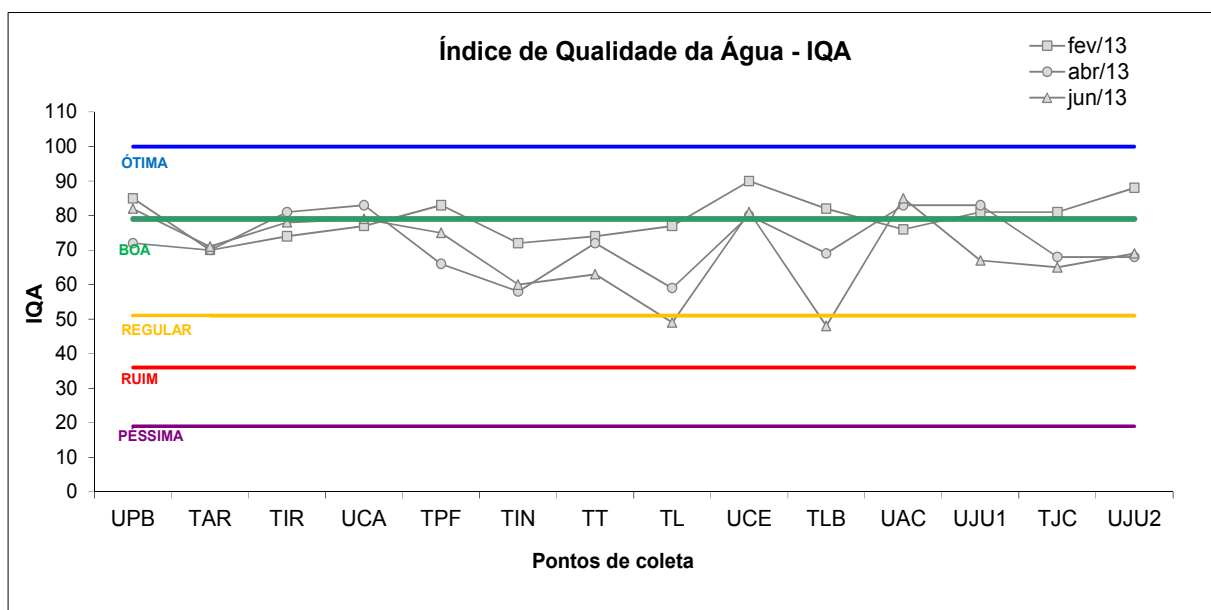


Figura 38: Resultados do IQA

#### 4.4.3 IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios

Conforme descrito na Tabela 2, o índice de qualidade da água de reservatórios é calculado em três pontos no corpo principal do reservatório.

A Figura 39 evidencia que, no período de fevereiro a agosto de 2013, os resultados se enquadraram entre as categorias II e III, indicando um ambiente pouco degradado à moderadamente degradado, respectivamente.



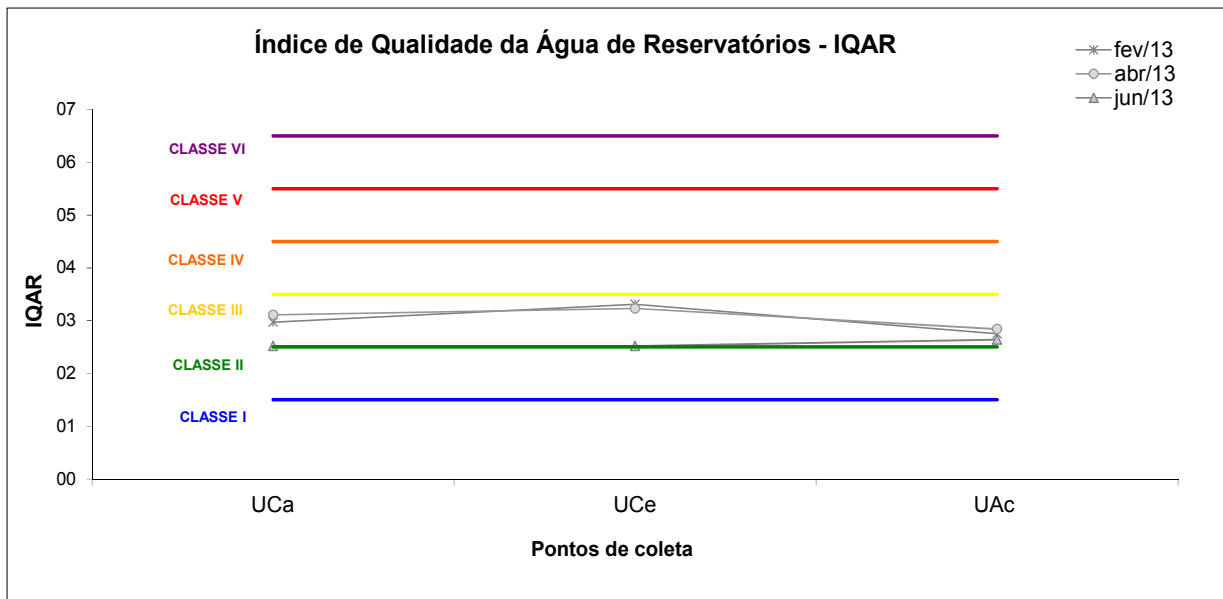
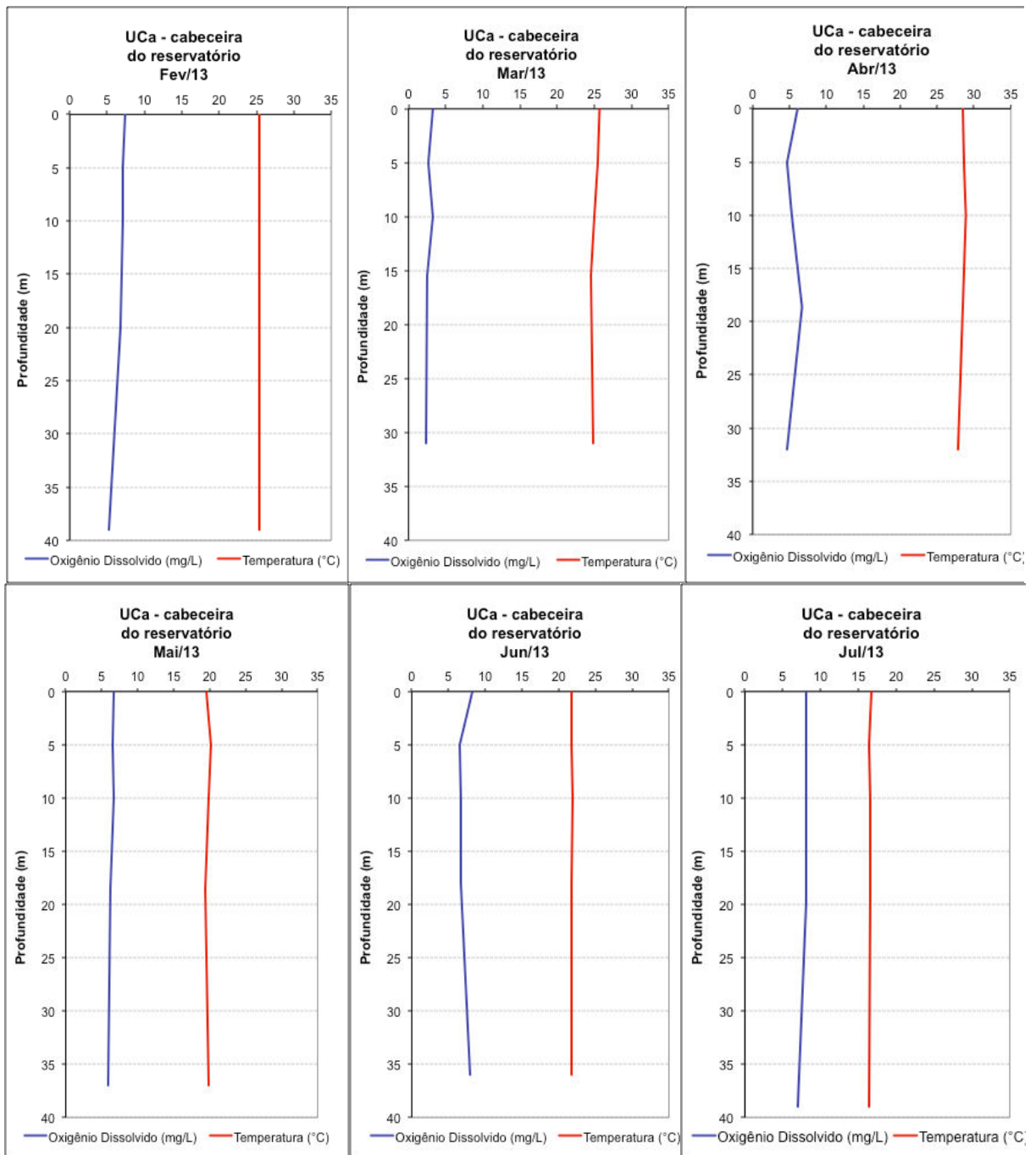


Figura 39: Resultados do IQAR

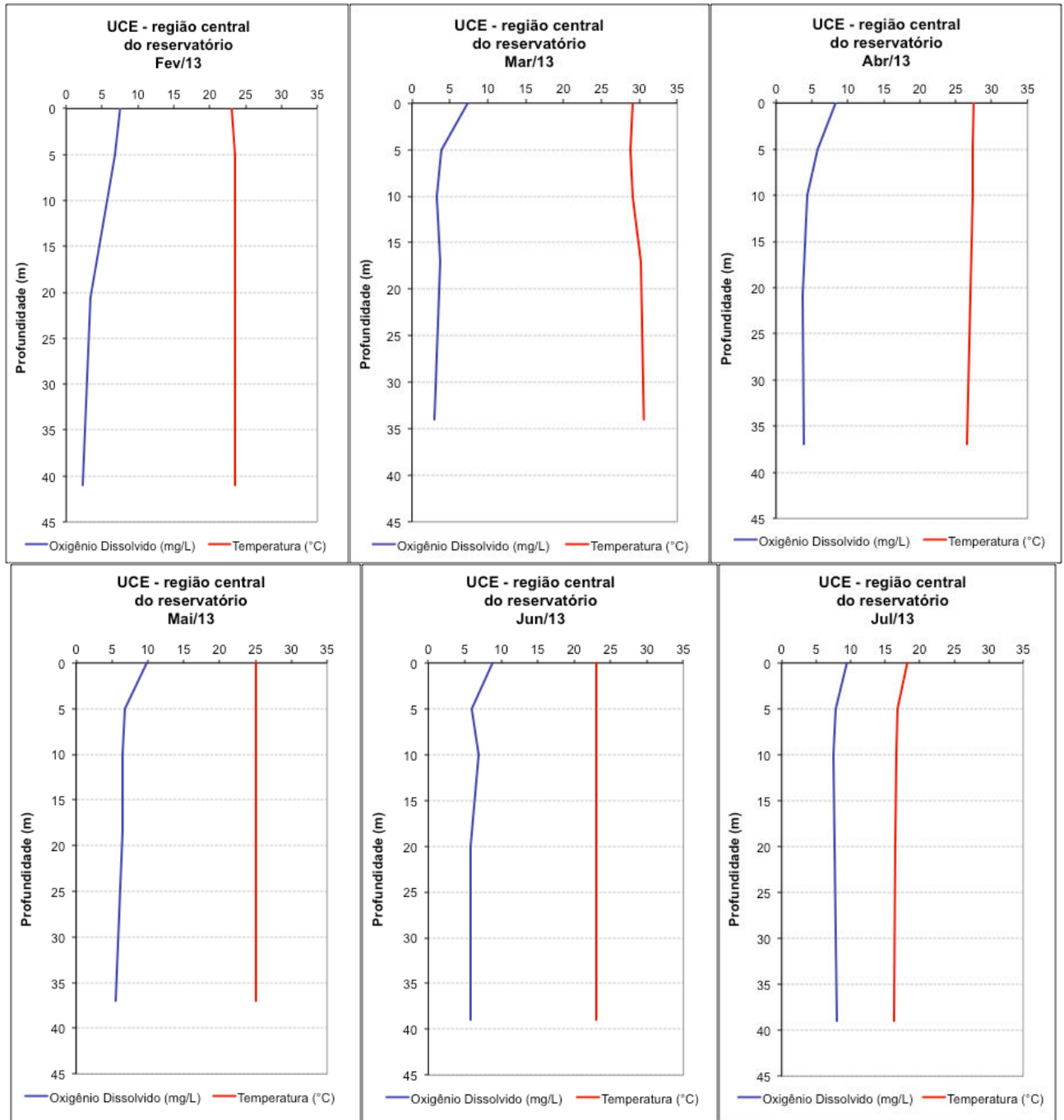
## 4.5 PERFIL DA COLUNA D'ÁGUA

O perfil da coluna d'água é monitorado em três pontos no corpo principal do reservatório.

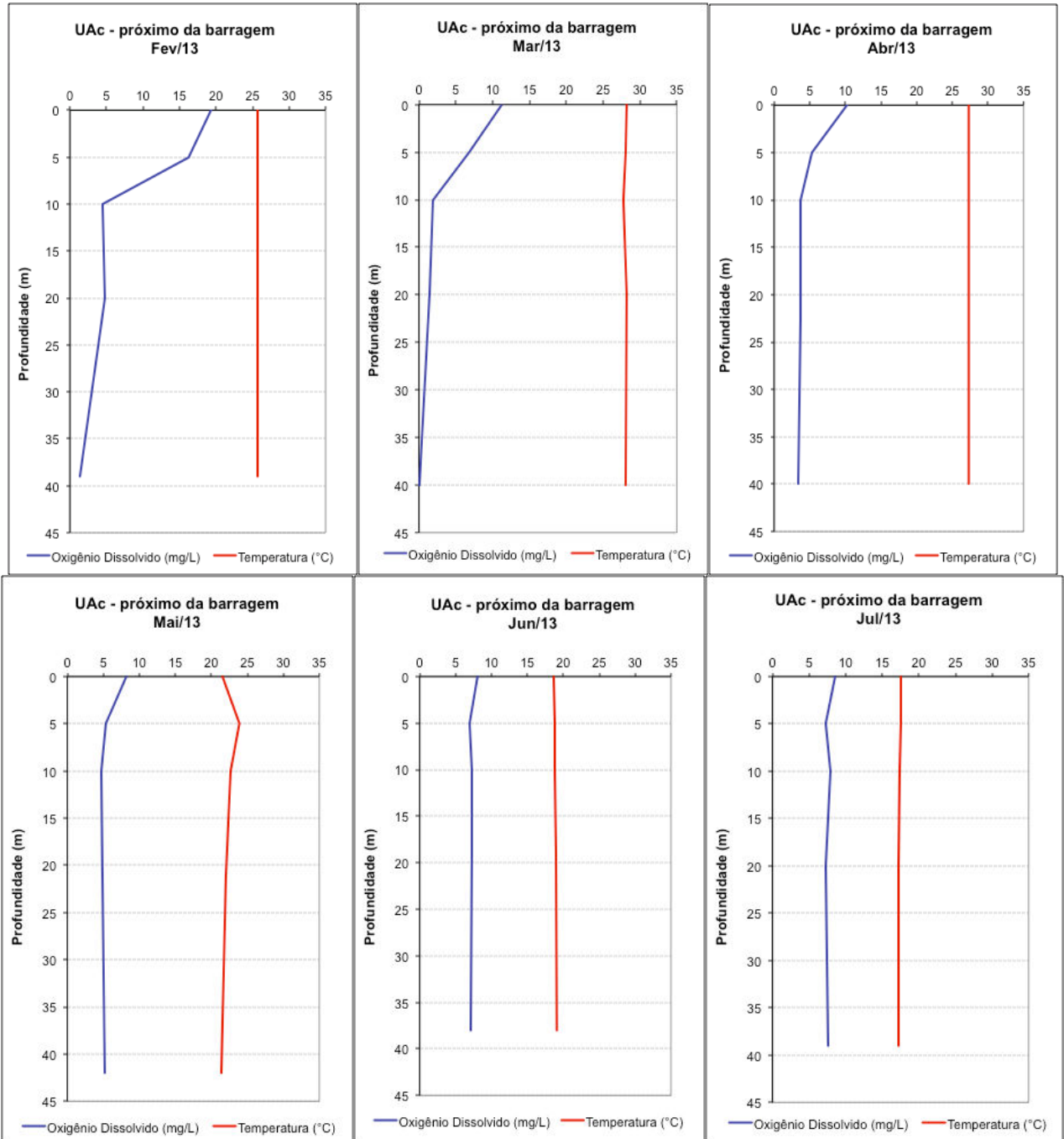
### 4.5.1 Ponto UCa – cabeceira do reservatório



#### 4.5.2 Ponto UCe – região central do reservatório



**4.5.3 Ponto UAc – próximo a barragem**



## 4.6 SEDIMENTOS - ASPECTOS LEGAIS RESOLUÇÃO CONAMA 454/12

Esta resolução estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado cuja classificação é de acordo com o grau de contaminação química dos sedimentos com vistas na proteção da vida aquática.

Foram elaborados gráficos para cada parâmetro, onde no eixo X são apresentados os pontos na ordem de montante para jusante, e no eixo Y os limites da legislação e os resultados de cada ponto de amostragem. Os parâmetros comentados a seguir são:

- ✓ Arsênio;
- ✓ Cádmiio;
- ✓ Cobre;
- ✓ Cromo;

As concentrações do arsênio e cádmio não foram detectadas pelo método laboratoriais, por isso não serão apresentados no gráfico.

No ponto UJu1 (ponto a jusante da barragem), não foi detectada a presença de sedimentos para realização de análises, portanto não aparecerão dados nos gráficos.

Os resultados de cobre (Figura 40) permaneceram entre os dois níveis ao longo do semestre, com exceção apenas dos pontos Uca (cabecera do reservatório) em junho e UCe (região central) em abril, cujos resultados foram superiores ao Nível 2, este que representa a concentração acima da qual são esperados efeitos adversos para os organismos.

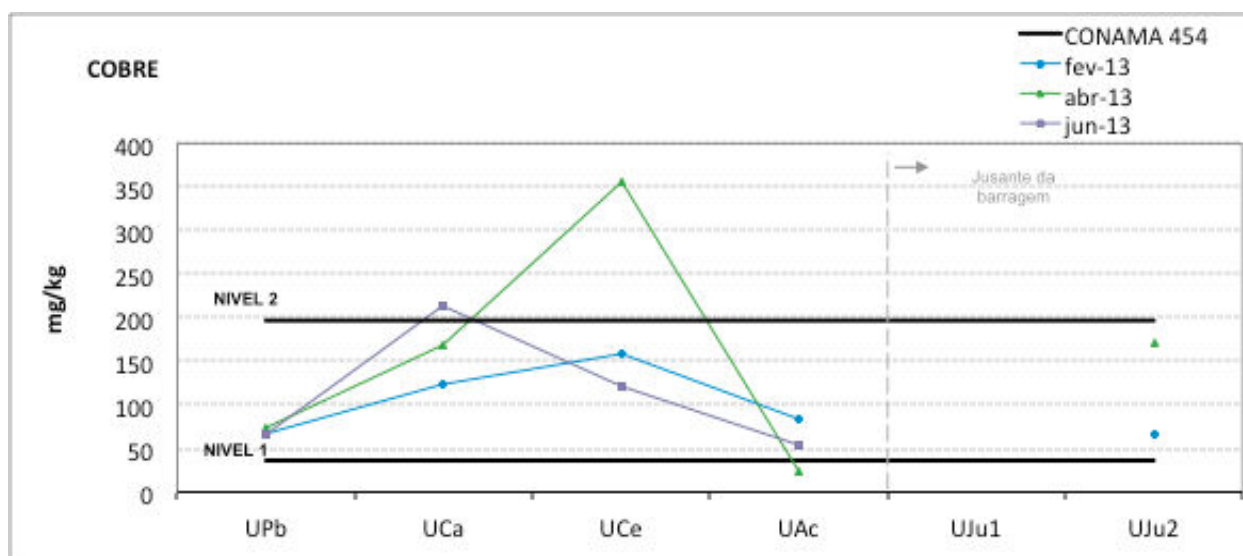


Figura 40: Cobre nos sedimentos de fevereiro a agosto de 2013.

Os resultados de cromo (Figura 41) nos sedimentos foram inferiores ao Nível 2. Os resultados entre os dois níveis indicam que ocasionalmente se esperam efeitos adversos aos organismos aquáticos.

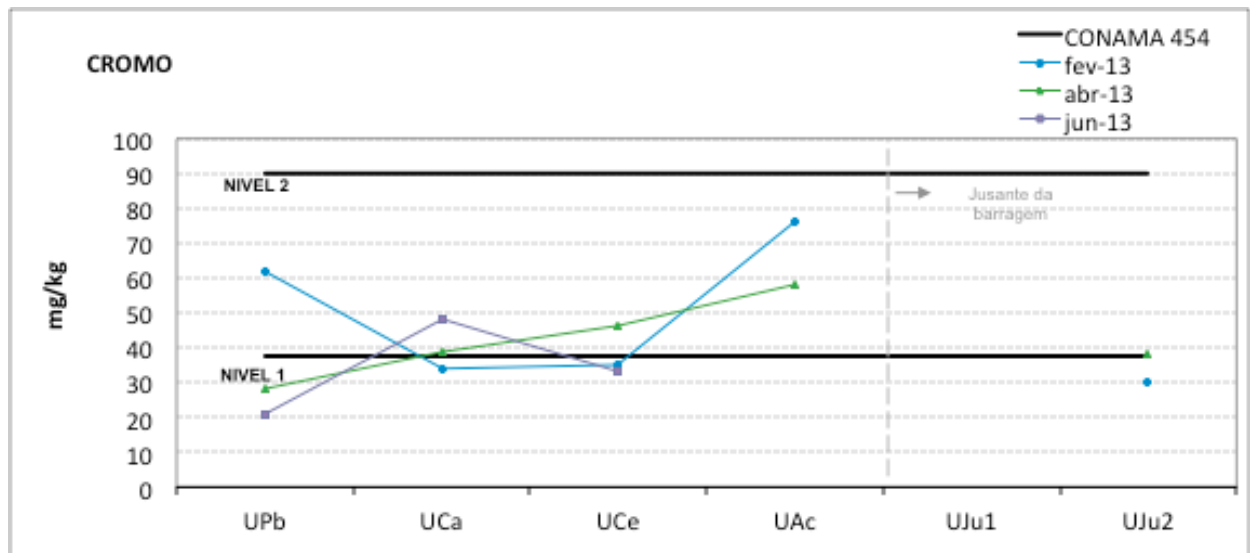


Figura 41: Cromo nos sedimentos de fevereiro a agosto de 2013.

#### 4.7 DEMAIS PARÂMETROS

Os parâmetros bário, ferro e zinco não apresentam valores guias estabelecidos pela Res.Conama 454/12.

Quanto ao bário (Figura 42), as maiores oscilações ocorreram nos pontos UAc (próximo à barragem) e UJu2. Porém, o ponto Uca (cabeceira) apresentou a média mais elevada entre as campanhas, 252mg/kg.

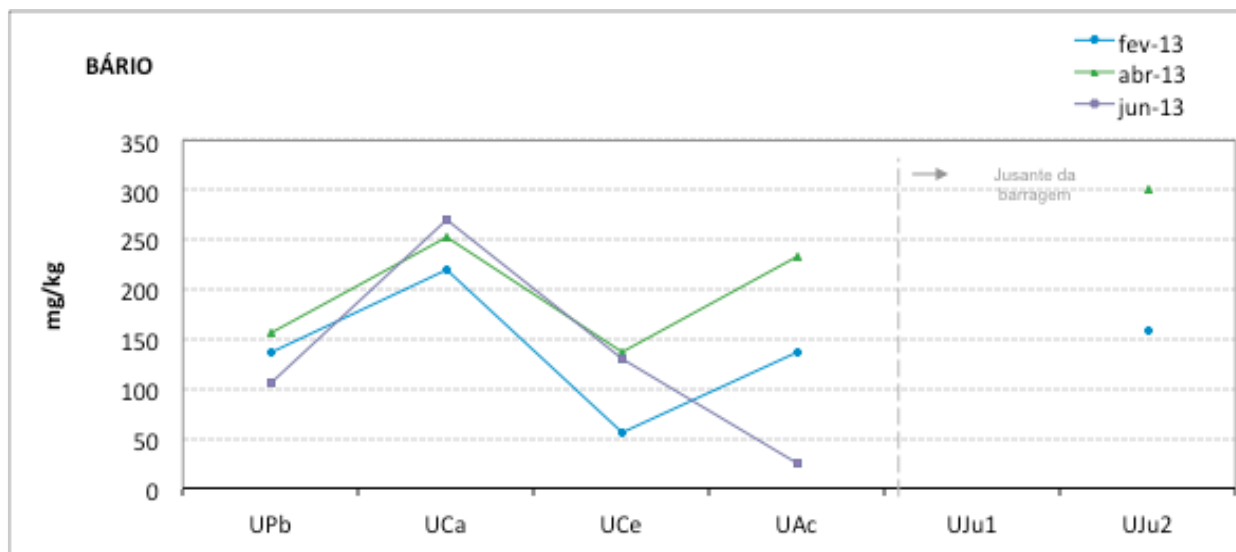


Figura 42: Bário nos sedimentos de fevereiro a agosto de 2013.

As concentrações de ferro (Figura 43) foram mais elevadas no ponto UCe (região central) assim como no semestre anterior.

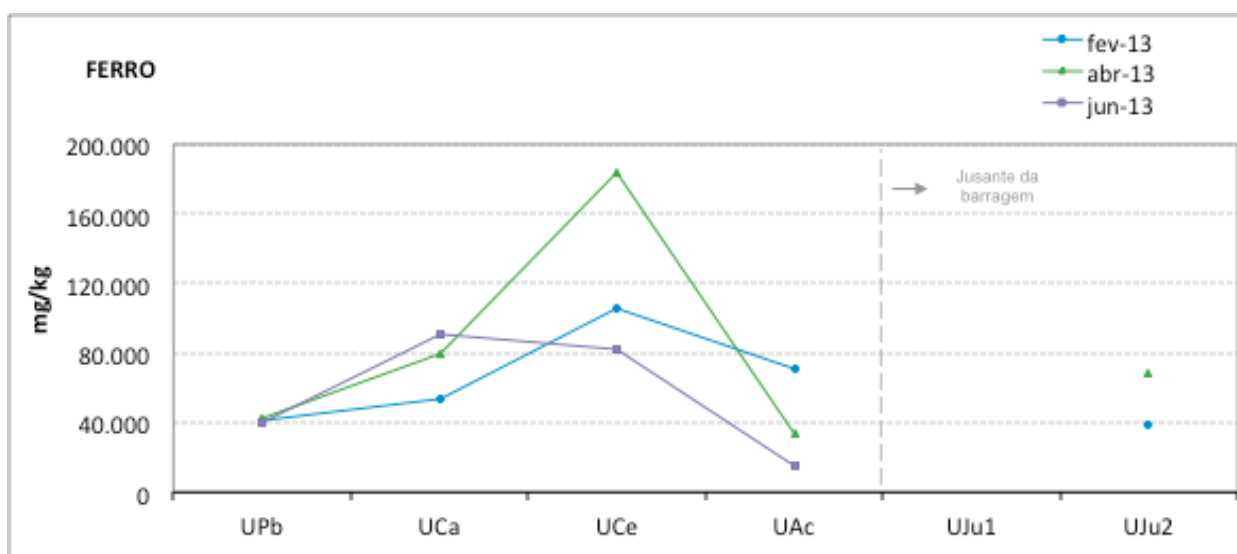


Figura 43: Ferro nos sedimentos de fevereiro a agosto de 2013.

Para as concentrações de zinco, a maior variação ocorreu no ponto UCe (região central) com valores entre 45 a 127 mg/kg (Figura 44), amplitude semelhante ao semestre anterior.

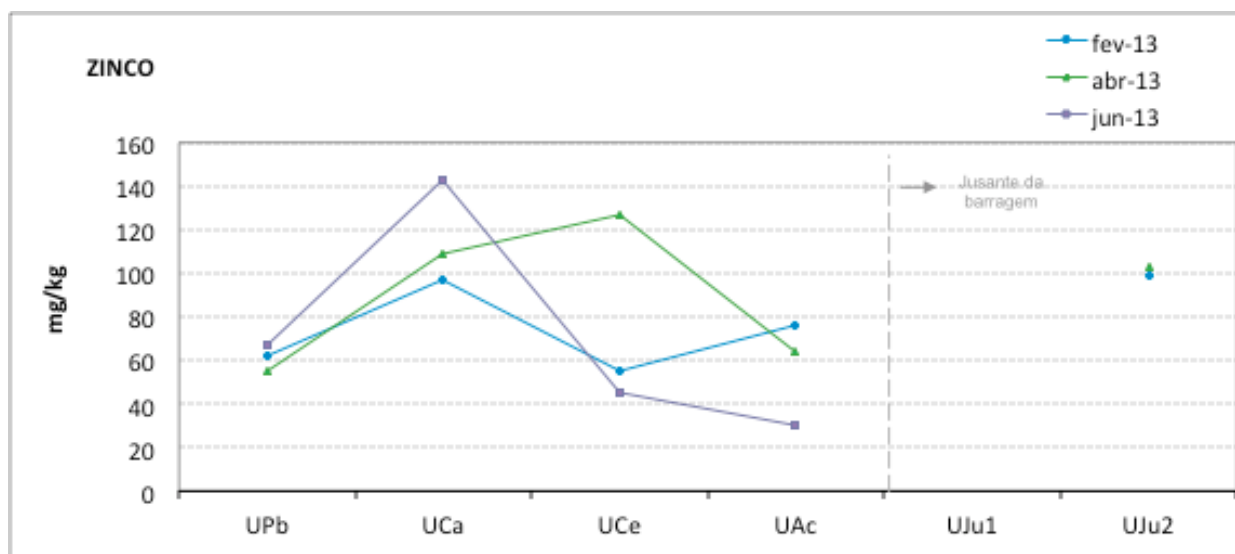


Figura 44: Zinco nos sedimentos de fevereiro a agosto de 2013.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os limites da legislação foram atendidos para a maioria dos parâmetros em águas superficiais. Exceção para o fósforo, coliformes termotolerantes, clorofila a e DBO, pois apresentaram mais de um resultado desconforme.

Com relação ao oxigênio dissolvido e pH, valores mais elevados observados em alguns pontos podem estar relacionados à atividade do fitoplâncton, pois um corpo d'água com crescimento excessivo de algas pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C.

Quanto aos agrotóxicos fipronil e glifosato, não foram detectados.

Sobre a comunidade fitoplanctônica, assim como no semestre anterior, a dinofíceia *Ceratium* sp. foi a espécie com maior frequência de ocorrência tanto nos pontos monitorados mensalmente (corpo principal do reservatório), quanto naqueles monitorados trimestralmente (demais pontos da rede de monitoramento).

Espécies do gênero *Ceratium* foram consideradas invasoras em águas doces de vários países, pois dinoflagelados desse gênero são principalmente marinhos. *Ceratium furcoides* foi relatada pela primeira vez em águas doces brasileiras no reservatório de Furnas, em Minas Gerais, por Santos-Wisniewski et al. (2007).



Depois disso, uma floração de *Ceratium furcoides* foi relatada no Reservatório Billings, da cidade de São Paulo, por Matsumura-Tundisi et al. (2010) e os autores sugeriram que esta ocorrência foi relacionada com o intenso processo de mistura, que pode ter causado um forte aumento no teor de fósforo na coluna de água e, conseqüentemente, favorecido o rápido florescimento deste algas.

A floração de *Ceratium* pode ser prejudicial para os peixes devido à decomposição e depleção de oxigênio após o esgotamento destas populações maciças.

Já as cianobactérias mantiveram o mesmo comportamento do semestre anterior, ou seja, apresentaram valores inferiores ao limite máximo recomendado (50.000 cel/mL). Neste semestre estiveram presentes as espécies *Phormidium* sp., *Merismopedia* sp., *Trichodesmium* sp., *Microcystis aeruginosa* *Oscillatoria* sp.

Sobre os zooplânctons, a densidade total apresentou tênue redução quando comparado ao semestre anterior. A espécie que se destacou foram copepodas adultos, pertencentes ao grupo Arthropoda.

Os resultados do índice de estado trófico (IET) classificaram a maioria dos pontos de monitoramento na categoria mesotrófica (produtividade intermediária). Destaque para o TL, pois na campanha de junho ultrapassou a categoria supereutrófica (alta produtividade, possibilidade de floração de algas), influenciado pelos valores elevados tanto de fósforo quanto de clorofila.

O índice de qualidade da água (IQA) retratou os corpos d'água, em sua maioria, com qualidade variando de Boa a Ótima. Exceção para os pontos TL e TLB, na campanha de junho, que foram classificados na categoria Regular, devido principalmente aos parâmetros fósforo e coliformes fecais.

Os resultados para IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios classificaram os pontos analisados entre as Classes II (pouco degradada) e Classe III (moderadamente degradada). No entanto apresentaram redução em relação ao semestre anterior que chegou à categoria IV.

O perfil da coluna d'água evidenciou, na maioria dos meses, boa oxigenação até mesmo no fundo. O ponto UAc apresentou gradientes de oxigênio mais acentuados nos primeiros 10m de profundidade nos meses de fevereiro a abril de 2013, período de temperaturas mais elevadas e de maior atividade fotossintética das algas na zona eufótica.

Em relação aos níveis de metais encontrados nos sedimentos, dentre aqueles que possuem valores preconizados na Resolução Conama 454/12, apenas o cobre ultrapassou o Nível 2 nos pontos UCa (jun/2013) e UCe (abril/2013), nível que estaria associado a frequentes efeitos biológicos adversos aos organismos. O ponto UCe apresentou esse comportamento também no semestre anterior.

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações, uso de compostos de cobre como algicidas, usos agrícolas como fungicida e pesticida.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Ed.** Washington, DC: APHA, 1998.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 454 de 01 de novembro de 2012.** Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E.L.G. *Limnologia Fluvial: Um Estudo do Rio Mogi-Guaçu.* São Carlos-SP: RiMa, 2003.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006.** São Paulo: CETESB, 2007. Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103.

\_\_\_\_\_, São Paulo. Água: rios e reservatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.com.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2012.

CETESB, São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo - avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo: 2004. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

MATSUMURA-TUNDISI, T; TUNDISI, JG; LUZIA, AP and DEGANI, RM. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. 2010, vol.70, n.3, suppl., pp. 825-829. ISSN 1519-6984.

SANTOS-WISNIEWSKI, MJ, SILVA, LC, LEONE, IC, Laudares-SILVA, R. & ROCHA, O. 2007. **Primeiro registro de ocorrência de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, uma espécie invasora na usina hidrelétrica de Furnas Reservoir, MG, Brasil.** *Braz. J. Biol.* 67 (4) :791-793.

SILVA, Lidiane Cristina da et al. **Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables.** *Biota Neotrop.* [online]. 2012, vol.12, n.2, pp. 93-100. ISSN 1676-0603.

## APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO

A seguir são apresentadas fotografias das campanhas realizadas entre fevereiro e agosto de 2013.

### A.1. FEVEREIRO 2013 – 14ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-I: Determinação da transparência no ponto (reservatório, montante do Distrito do Goio-en), em 06/02/2013.



Figura A-II: Amostragem de água no ponto TJC (Rio Chapecó), em 07/02/2013.



Figura A-III: Determinação dos parâmetros de qualidade no ponto UPb (reservatório, a jusante da UHE Itá), em 05/02/2013.



Figura A-IV: Amostragem de água profundidade no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento), em 07/02/2013.



Figura A-VI: Amostragem de plânctons no ponto UCa (cabeceira do reservatório), em 06/02/2013.



Figura A-VII: Amostragem de sedimentos no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento), em 07/02/2013.

## A.2. ABRIL 2013 – 15ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-V: Amostragem de plânctons no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento), em 03/04/2013.



Figura A-VI: Amostragem de água profundidade no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento), em 03/04/2013.



Figura A-VII: Determinação da transparência no ponto TL (rio Lamberdor), em 02/04/2013.



Figura A-VIII: Amostragem de água no ponto UJu1 (após água vertida) em

03/04/2013.



Figura A-IX: Amostragem de sedimentos no ponto UCe (região central do reservatório), em 02/04/2013.



Figura A-X: Determinação de parâmetros em água no ponto TJC (rio Chapecó) em 03/04/2013.

### A.3. JUNHO DE 2013 – 16ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-XI Amostragem de plânctons no ponto TAr (tributário rio Ariranha) em 18/06/13.



Figura A-XII: Determinação de parâmetros em água de profundidade no ponto UCe (reservatório, região central) em 19/06/13.



Figura A-XIII: Determinação da transparência no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento) em 20/06/13.



Figura A-XIV: Amostragem de água no ponto TLB (tributário Lajeado Bonito) em 20/06/13.



Figura A-XV: Amostragem de sedimentos no ponto UPb (região a jusante da UHE Itá) em 18/06/13.



Figura A-XVI: Amostragem de água no ponto TL (tributário Lambedor) em 19/06/13.