



UHE TIBAGI MONTANTE

Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e da Ictiofauna da UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi



TIBAGI ENERGIA

INEO – Instituto Neotropical de Pesquisas
Ambientais
Relatório Parcial
Outono 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. ÁREA DE AMOSTRAGEM.....	3
2.1 Descrição dos pontos de amostragem	4
3. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	8
3.1 Metodologia	8
3.1 Resultados e Discussão.....	19
3.3 Considerações Finais	65
4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	70
4.1 Metodologia	70
4.2 Resultados e Discussão.....	72
4.3 Considerações Finais	77
5. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	80
5.1 Metodologia	80
5.2. Resultados e Discussão.....	82
5.3. Considerações Finais	88
6. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	90
6.1 Metodologia	90
6.2 Resultados e Discussão.....	93
6.3 Considerações Finais	98
7. ICTIOFAUNA	100
7.1 Metodologia	100
7.2 Resultados e Discussão.....	104
7.3 Considerações Finais	121
8. REFERÊNCIAS CONSULTADAS.....	124

1. INTRODUÇÃO

O rio Tibagi nasce na Serra das Almas, entre os municípios de Palmeira e Ponta Grossa, no sul do estado do Paraná (Região Sul do Brasil), a 1.060 m de altitude, e corre 550 km, tendo sua foz no rio Paranapanema, na UHE Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie). Na maior parte do seu trajeto ele está fortemente encaixado em seu leito, e um total de 65 tributários diretos e centenas de subafluentes compõem sua bacia hidrográfica (De França, 2002 e Medri et al., 2002).

A bacia do rio Tibagi se estende por 41 municípios, cobrindo 24.713 km² no território paranaense, sendo o segundo em extensão. Segundo De França (2002) e Mendonça & Danni-Oliveira (2002), esse rio forma a terceira maior bacia hidrográfica do estado do Paraná, e pode ser dividido em três regiões conforme o relevo, a hidrologia e a climatologia. Na região alta encontram-se algumas das suas áreas mais preservadas, como o Parque Estadual do Guartelá, no rio Iapó, região dos Campos Gerais.

Seu curso principal desenvolve-se na direção noroeste, desde a nascente, até a confluência com o rio Guarda Velho, pela margem esquerda; em seguida, toma a direção nordeste até a confluência com o rio Pitangui, pela margem direita; a partir daí, volta a seguir predominantemente a direção noroeste até sua foz (Maack, 1981). Este rio é conhecido pelo grande número de cachoeiras que apresenta, como Salto Paludo (5,0 m), Paulinho Batista (2,5 m), Grande da Conceição (20,0 m), Aparados (6,0 m), Alemão (6,0 m) e Mauá (28,0 m) (De França, 2002). Acima do Salto Mauá encontra-se implantada a Usina Hidrelétrica Mauá.

Em função destas características de leito (encaixado) e numerosos saltos, há muito tempo o rio Tibagi é objeto de discussões para a implantação de usinas hidrelétricas (Shibatta et al., 2007). Desse modo, este documento visa apresentar os resultados da coleta do Outono de 2024 (abril de 2024), sendo a 19ª coleta do período pós-enchimento, do Programa de Monitoramento Limnológico, Qualidade da Água e Ictiofauna da UHE Tibagi Montante, contemplando comparações entre os locais de coleta, fornecendo informações sobre as variações espaciais dos parâmetros físicos e químicos da água, fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna.

2. ÁREA DE AMOSTRAGEM

Na área de influência da UHE Tibagi Montante, o monitoramento compreendeu sete pontos de amostragem (Tabela 2.1) localizados acima da cidade de Tibagi. Destaca-se que no local Paliteiros (TM-PAL) foram efetuadas apenas análises de qualidade de água superficial, enquanto que nos pontos Intermediário e Tributário, foram realizadas apenas coletas de peixes.



Figura 2.1 – Localização dos pontos amostrais na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Tabela 2.1 – Locais de coleta e coordenadas geográficas dos pontos amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Pontos de Amostragem	Siglas	Rio	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
Jusante	TM-JUS	Tibagi	24°31'41.17"S	50°24'25.50"O
Barragem	TM-BAR	Tibagi	24°32'49.70"S	50°24'02.27"O
Passatempo	TM-PAS	Passatempo	24°32'38.26"S	50°24'50.14"O
Intermediário	TM-INT	Tibagi	24°36'26.82"S	50°25'31.85"O
Tributário	TM-TRI	Capivari	24°38'46.18"S	50°26'00.32"O
Montante	TM-MON	Tibagi	24°41'25.50"S	50°23'35.83"O
*Paliteiros	TM-PAL	Tibagi	24°34'13.32"S	50°23'33.63"O

*apenas qualidade de água superficial.

As amostragens foram realizadas entre os dias 15 e 18 de abril de 2024, referente ao Outono de 2024, seguindo os procedimentos de amostragem relacionados no plano de trabalho “Monitoramento Limnológico, Qualidade da Água e Ictiofauna da UHE Tibagi Montante – PR” descritos abaixo.

2.1 Descrição dos pontos de amostragem

- **Jusante (JUS)**

Localizado logo em frente da antiga estação de captação de água da Sanepar, no município de Tibagi, apresenta fluxo de água corrente com alguns remansos, fundo rochoso em poucos trechos, mas na maioria é composto por substrato arenoso e lodoso (Figura 2.2). Com uma largura média aproximada de 120 metros, suas margens são bastante preservadas, onde na margem esquerda tem cerca de 200 metros (em média) de mata ciliar e na margem direita cerca 90 metros. No local encontram-se vários pontos de pesca de barranco, sendo o local utilizado também, para prática de Rafting, uma vez que logo acima do trecho amostrado e logo abaixo existem locais com fortes corredeiras.



Figura 2.2 – Visão Panorâmica do Local de Coleta JUS (Jusante).

- **Barragem (BAR)**

Localizado próximo à barragem da UHE Tibagi Montante, este local tem influência direta do barramento do rio Tibagi, apresentando baixo fluxo de água, com profundidade mais acentuada devido à formação do reservatório (Figura 2.3). Este local é utilizado para captação de água, sendo que em seu entorno é exercida também a atividade de agricultura e reflorestamento.



Figura 2.3 – Visão panorâmica do Local de Coleta BAR (Barragem).

- **Intermediário (INT)**

Localizado entre a balsa que liga o município de Tibagi e a fazenda Santa Branca, com a formação do reservatório houve uma pequena elevação (aproximadamente 2 metros) no nível da água, com fluxo reduzido (Figura 2.4). Com uma largura média de 80 metros, têm suas margens relativamente preservadas, com uma vegetação ciliar em ambas as margens. No entorno do local exerce-se atividade agrícola.



Figura 2.4 – Visão panorâmica do Local de Coleta INT (Intermediário).

- **Montante (MON)**

Local de corredeiras e pequenos trechos de remanso, apresenta fundo rochoso e arenoso, com largura média de 50 metros (Figura 2.5). A vegetação ciliar é bastante preservada na margem direita, atingindo em média 35 metros de extensão, onde se executa a atividade agrícola, já na margem esquerda a vegetação é pouco preservada oscilando entre 5 e 100 metros de extensão, sendo que nesta margem a criação de gado é uma das principais atividades.

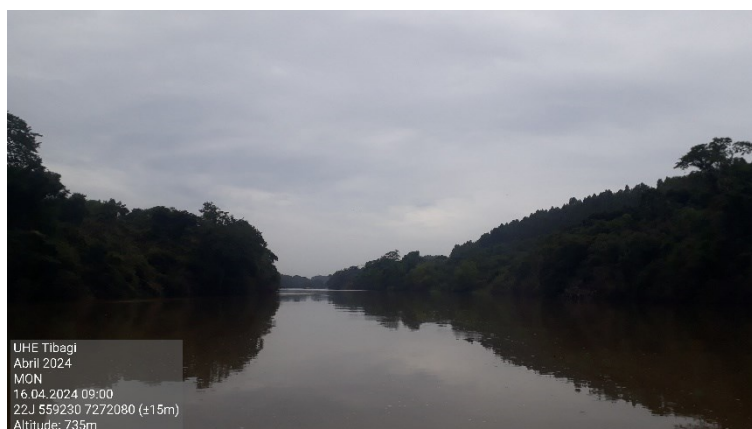


Figura 2.5 – Visão panorâmica do Local de Coleta MON (Montante).

- **Tributário Capivari (TRI)**

Com largura média de 20 metros, o tributário Capivari apresenta características de águas lânticas, com fundo rochoso em pequenos trechos e composto na sua maior porção por argila nas margens e areia no centro. Vegetação ciliar pouco preservada e em restauração, seu entorno é utilizado para atividade agrícola (Figura 2.6).



Figura 2.6 – Visão panorâmica do Local de Coleta TRI (Tributário).

- **Tributário Passatempo (PAS)**

Local de águas lânticas com aproximadamente 10 metros de profundidade, e a conexão com o reservatório é através de manilhas de concreto existentes no aterro da estrada do Pinheiro Seco (Figura 2.7). Vegetação ciliar presente na margem esquerda e na margem direita houve o plantio de mudas em cerca de 80 metros da área de preservação permanente. Propriedades agropastoris estão presentes no entorno do rio, com suas margens apresentando influência antrópica, com presença de lixo doméstico, como sacos plásticos, latas e vidros.

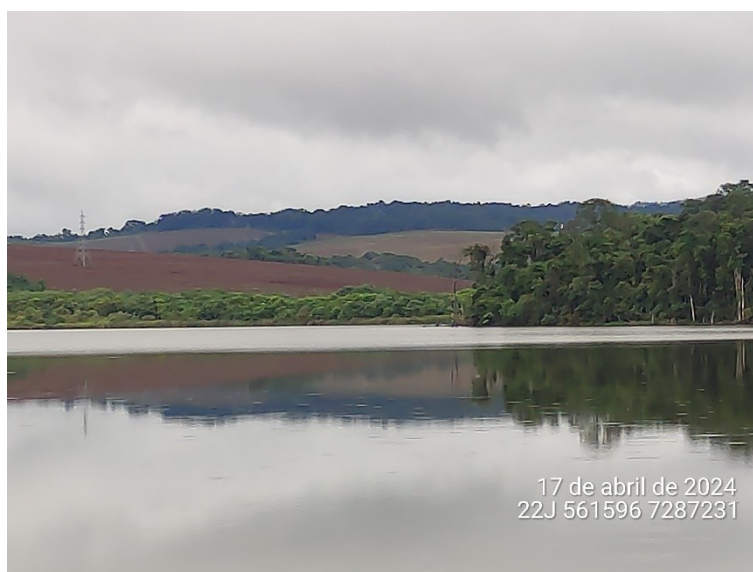


Figura 2.7 – Visão panorâmica do Local de Coleta PAS (Tributário Passatempo).

- **Paliteiros (PAL)**

Localizado entre os locais BAR e INT, com baixo fluxo de água, nesta região encontram-se várias árvores que ficaram submersas após o enchimento do reservatório da UHE Tibagi Montante (Figura 2.8). Com uma largura média de 350 metros, têm suas margens relativamente preservadas. No entorno do local exerce-se atividade agrícola.



Figura 2.8 – Visão panorâmica do Local de Coleta PAL (Paliteiros).

3. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

3.1 Metodologia

Conforme Parecer Técnico 23/2024 do IAT – Instituto Água e Terra (em anexo), a partir da amostragem realizado no mês de abril de 2024 (outono), referente ao Programa de Monitoramento Limnológico, os locais TM-INT e TM-TRI, foram retiradas do referido programa. Ressalta-se ainda que, por recomendação do Parecer Técnico 23/2024 do IAT, os parâmetros de cor, fenóis, dureza, cloretos, magnésio, óleos e graxas, sílica, ferro total e cálcio foram removidos das análises dos locais TM-BAR, TM-PAL e TM-PAS. Assim, a amostragem da água (Figura 3.1) foi realizada em cinco locais, sendo três na subsuperfície (MON, PAL e JUS) e dois locais (BAR e PAS) em três profundidades (Superfície “S”, Meio “M” e Fundo “F”), com leitura dos parâmetros de temperatura do ar (termômetro de bulbo mercúrio), temperatura da água (termômetro digital), oxigênio dissolvido e saturação (oxímetro), turbidez (turbidímetro), transparência (Secchi), pH (pHmetro) e condutividade elétrica (condutivímetro), medidos “*in situ*”.

Para os parâmetros, alcalinidade total, cor, fósforo total, nitrogênio orgânico, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, clorofila-*a*, sólidos totais, dissolvidos e suspensos, coliformes totais e fecais, cádmio total, chumbo total, cloretos, cobre dissolvido, cromo total, fenóis, níquel total, óleos e graxas, dureza e magnésio, a água foi armazenada em frascos, conforme norma Standard Methods 1060, 24ª edição e conservada em gelo até a análise.

As análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água do Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) e do Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais – INEO da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que está acreditado na ISO/IEC 17025, CRL nº 1356 do INMETRO, e cadastrado no Instituto Ambiental do Paraná (IAPCCCL nº 089). Devido a isso o INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras de água, segundo as recomendações do Standard Methods, 24ª edição (APHA, 2023), de acordo com a DICLA 057-02 e a ABNT/NBR ISO/IEC 17025, segundo as diretrizes da PSQ-09 (formulário próprio) que detalha o plano de amostragem para coleta da água.



Figura 3.1 – Coleta de amostras de água.

Visando garantir a qualidade dos resultados produzidos pela análise, bem como identificar riscos de contaminação de amostras, segundo a DICLA 057-02 (INMETRO, 2017), os trabalhos de campo foram acompanhados de procedimentos para

o controle de qualidade cuja finalidade é identificar possíveis contaminações ambientais, no manuseio, na análise em campo e no transporte.

Foram utilizados recursos de comparação a fim de validar os procedimentos de amostragem que foram: branco de campo, branco de equipamento e branco de transporte.

As amostras foram protegidas da luz solar e do calor durante seu transporte e manuseio. Todos os frascos foram armazenados em caixas térmicas e posteriormente refrigerados com gelo, de maneira que a temperatura fosse mantida em $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ por período curto de tempo e congelada em -18°C para períodos longos, conforme recomendam as normas ISO 5667-4 e 5667-6. As amostras obtidas na superfície foram coletadas no próprio frasco de amostragem para evitar contaminação.

Os frascos para acondicionamento das amostras foram enviados para o campo com rótulo identificador, minimizando a possibilidade de troca de amostras e agilizando a operação de coleta.

O controle de qualidade na amostragem cuja finalidade é identificar possíveis contaminações ambientais, no manuseio, na análise em campo e no transporte, foi realizado durante a coleta conforme as seguintes diretrizes:

1. “Branco de campo”: São amostras preparadas no campo, consistindo de frascos preenchidos com água reagentes, expostos ao ambiente amostral pelo mesmo período que as amostras, durante todo o procedimento de coleta, preservados de acordo com o parâmetro a analisar e armazenados com as demais amostras coletadas, para serem submetidas ao processo analítico requerido. Estas amostras são utilizadas para verificação de contaminações ambientais que podem ser adicionais às amostras durante os procedimentos de coleta. A amostragem foi realizada em um mesmo ponto (coleta em duplicata) para verificar a fidelidade dos parâmetros analisados;
2. O “branco de transporte” é composto por dois frascos de 100 mL com água destilada, preparados antes de ir ao campo. Os frascos devem ser encaminhados dentro de uma caixa térmica pequena com gelo, conservada a $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. Chegando ao local de coleta os frascos contendo o branco de transporte devem ser transferidos para a caixa térmica contendo as amostras coletadas, sendo enviados de volta para o laboratório. Devem ser analisados no branco de transporte os parâmetros contagem de bactérias heterotróficas e

condutividade elétrica, conforme definido na ficha de coleta, que estará identificada como “branco de transporte”. Os frascos de “branco de transporte” não devem ser abertos e deverão ser transportados juntamente com as outras amostras dentro da mesma caixa de armazenamento;

3. O “branco de Equipamento” é um procedimento utilizado para verificar possíveis contaminações mediante contato da amostra com o equipamento de amostragem. Primeiramente, antes de inserir o equipamento na amostra, deve-se enxaguar o mesmo com água destilada, e o enxague final deve ser coletado para posterior análise. A água coletada na lavagem do eletrodo ou equipamento introduzido na amostra não deve demonstrar qualquer alteração em sua composição, devendo apresentar resultados semelhantes à da água destilada original.

Para garantir a integridade das amostras (por exemplo DBO e Coliformes), o tempo decorrido entre a retirada da amostra e a análise não ultrapassou 24 horas.

As amostras cujos parâmetros podem exceder o prazo de 24 horas para análise, foram devidamente acondicionadas em baixa temperatura, preservadas atendendo às exigências do Standard Methods 23ª Edição, e transportadas para o laboratório.

Os parâmetros limnológicos para a avaliação da qualidade da água, juntamente com suas unidades, métodos e referências, podem ser verificados na tabela 3.1.

Após a determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foi estimado o índice de qualidade da água (IQA), através da seguinte fórmula (Suderhsa, 1997):

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

sendo:

IQA=Índice de qualidade da água;

q_i=qualidade do *i*-ésimo parâmetro (obtido nas curvas);

W_i=peso relativo do *i*-ésimo parâmetro (Tabela 3.2);

Tabela 3.1 - Variáveis físicas, químicas e biológicas avaliadas no rio Tibagi e tributários, na área de influência da UHE Tibagi Montante.

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Alcalinidade total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Gran	pHmetro	APHA (2023)
Alumínio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cádmio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cálcio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Chumbo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cloretos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Clorofila <i>a</i>	µg/L	Garrafa	Protegido da Luz	Colorimétrico	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Cobre	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Coliformes totais e fecais	NMP/100mL	Frasco	Refrigerado	Colorimétrico/tubos múltiplos	Lâmpada UV	APHA (2023)
Condutividade elétrica	µS/cm	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Sonda multipamétrica	APHA (2023)
Cor	uc	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	fotocolorímetro	APHA (2023)
Cromo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
DBO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Incubadora DBO	APHA (2023)
DQO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão (refluxo fechado)	Digestor de DQO e espectrofotômetro	APHA (2023)
Dureza	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Fenóis	mg/L	Garrafa	Refrigerado	colorimétrico	Destilador	APHA (2023)
Ferro total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	Cromatografia	APHA (2023)
Fósforo total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Magnésio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Mercúrio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F SMWW, 22ª Edição, Método 3120 B	ICP	APHA (2023)
Nitrato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (redução pelo cádmio)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Nitrito	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (reação com sulfanilamida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Níquel	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F SMWW, 22ª Edição, Método 3120 B	ICP	APHA (2023)
Amônia	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (indofenol)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Nitrogênio orgânico	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão ácida e titulação alcalina com tiosulfato de sódio	Titulométrico	APHA (2023)
Óleos e Graxas	mg/L	Garrafa	Refrigerado	SMEWW - 22º nd. 2012. Método: 5520-D	Estrato Soxlet	APHA (2023)
Organoclorados e fosforados**	mg/L	Garrafa	Refrigerado		Espectrofotômetro	APHA (2023)
Ortofosfato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Oxigênio dissolvido	mg/L	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2023)
Oxigênio dissolvido	% de Sat.	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2023)
pH	-	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	pHmetro/Sonda	APHA (2023)
Sílica	Mg/L	Garrafa	Refrigerado	-	-	APHA (2023)
Sólidos totais e Sólidos dissolvidos e suspensos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Gravimétrico/Sonda	Estufa/Mufla	APHA (2023)
Sulfatos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Turbidimétrico	Turbidímetro	APHA (2023)
Temperatura da água	°C	<i>in situ</i>	-	-	Oxímetro/Sonda multiparamétrica	APHA (2023)
Temperatura do ar	°C	<i>in situ</i>	-	-	Termômetro de bulbo	Esteves (2011)
Transparência	m	<i>in situ</i>	-	Visual	Disco de Secchi	Wetzel (2001)
Turbidez	NTUs	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Turbidímetro/Sonda	APHA (2023)
Zinco	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F	ICP	APHA (2023)

** Periodicidade Semestral.

Tabela 3.2 – Pesos dos diferentes parâmetros utilizados no cálculo do índice de qualidade da água (Fonte: Suderhsa, 1997).

Parâmetros	Pesos (WI)
Coliformes Fecais	0,15
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
pH	0,12
Resíduo Total	0,08
Turbidez	0,08
Variação da Temperatura	0,10

A qualidade da água foi classificada em Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima (Cetesb, 2016), conforme o valor de IQA constante na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Classificação da água de acordo com os valores de IQA (Fonte: Cetesb, 2016).

IQA	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Regular
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

Para o cálculo do Índice de Qualidade da Água de Reservatórios, as variáveis selecionadas receberam pesos distintos, em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Variáveis selecionadas para cálculo do IQAR e seus respectivos pesos.

Variáveis “i”	Pesos (WI)
Déficit de Oxigênio (%)	17
Fósforo Total (mg/L)	12
Nitrogênio Inorgânico Total (mg/L)	08
Clorofila-a (mg/m ³)	15
Disco de Secchi (m)	12
DQO (mg/L)	12
Fitoplâncton (Diversidade e florações)	08
Tempo de residência (dias)	10
Profundidade média (m)	06

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

$$IQAR = \frac{\sum W_i \cdot q_i}{\sum W_i}$$

Deste modo, existem seis classes de qualidade da água em função do nível de comprometimento (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios.

Classe	IQAR
I	0-1,5
II	1,6-2,5
III	2,6-3,5
IV	3,6-4,5
V	4,6-5,5
VI	>5,6

Sendo:

Classe I: não impactado a muito pouco degradado. Corpos d'água sempre com saturação de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média.

Classe II: pouco degradado. Corpos d'água com pequena entrada de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média.

Classe III: moderadamente degradado. Corpos d'água que apresentam um déficit de oxigênio dissolvido na coluna de água, podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo em determinados períodos, entrada considerável de nutrientes e matéria orgânica, grandes variedades e densidade de algumas espécies de algas, que podem ser predominantes, tendência moderada a eutrofização, tempo de residência das águas considerável.

Classe IV: criticamente degradado a poluído. Corpos d'água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, possibilidade de ocorrer mortandade de peixes em alguns períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido, entrada de

consideráveis cargas de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente à densidade de algas.

Classe V: muito poluído. Corpos d'água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, alto "input" e reciclagem de nutrientes, eutrofizados, com florações de algas que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a transparência.

Classe VI: extremamente poluído. Corpos d'água com condições bióticas seriamente restritas, resultante de severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido, sendo que ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda coluna de água, entrada e reciclagem de nutrientes muito altos, hipereutróficos, com florações de algas cobrindo toda a massa de água, eventual presença de substâncias tóxicas.

O Índice do Estado Trófico foi composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo total – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-*a* – IET (CL), segundo Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos pelas equações:

$$IET_{CL} = \left\{ 10 * \left[6 - \left(\frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right] - 20 \right\}$$

$$IET_{PT} = \left\{ 10 * \left[6 - \left(\frac{0,42 - 0,36 * \ln(PT)}{\ln(2)} \right) \right] - 20 \right\}$$

onde:

PT=concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L;

CL=concentração de clorofila-*a* medida à superfície da água, em µg/L;

ln=logaritmo natural.

Para ambientes lênticos (reservatórios):

$$IET(CL) = 10 \left[6 - \frac{(0,92 - 0,34(CL))}{\ln 2} \right]$$

$$IET(PT) = 10 \left[6 - \frac{(1,77 - 0,42(\ln PT))}{\ln 2} \right]$$

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2}$$

Sendo:

IET (CL) = índice clorofila-*a*;

IET (PT) = índice fósforo total;

IET = índice de estado trófico.

No caso de não haver resultados para o fósforo total ou para clorofila-*a*, o índice foi calculado com a variável disponível e considerado equivalente ao IET, sendo informado qual variável foi utilizada no cálculo. A classificação do estado trófico foi dada conforme a Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Classificação para o Estado Trófico para rios, segundo índice de Carlson, modificado por Lamparelli (2004).

Classificação do Estado Trófico - Rios			
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	P-Total P(mg/m ³)	Clorofila-a (mg/m ³)
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	640 < P	7,46 < CL

3.1 Resultados e Discussão

Nas figuras a seguir são apresentados os dados consolidados do monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, compreendendo as fases Pré-obra (abril/2017 a julho/2019) e a fase de Operação (outubro/2019 a abril/2024), dando ênfase aos resultados da amostragem realizada no Outono de 2024 (abril/2024).

A temperatura exerce influência nos organismos aquáticos e nos demais parâmetros avaliados, nos peixes atua diretamente no metabolismo (respiração, circulação, digestão, reprodução, órgãos sensoriais, produção de hormônios e de anticorpos) e na disponibilidade de oxigênio na água, portanto, tem um papel muito importante no equilíbrio do sistema aquático (Esteves, 2011).

Ao longo dos anos de estudo a temperatura da água oscilou de 10,3 °C (TRI-jul/19) a 32,1 °C (PAS S), já na presente análise (Outono/2024) as temperaturas da água oscilaram entre 22,7 °C (MON) e 24,6 °C (PAL) (Figura 3.2; Quadro 3.4).

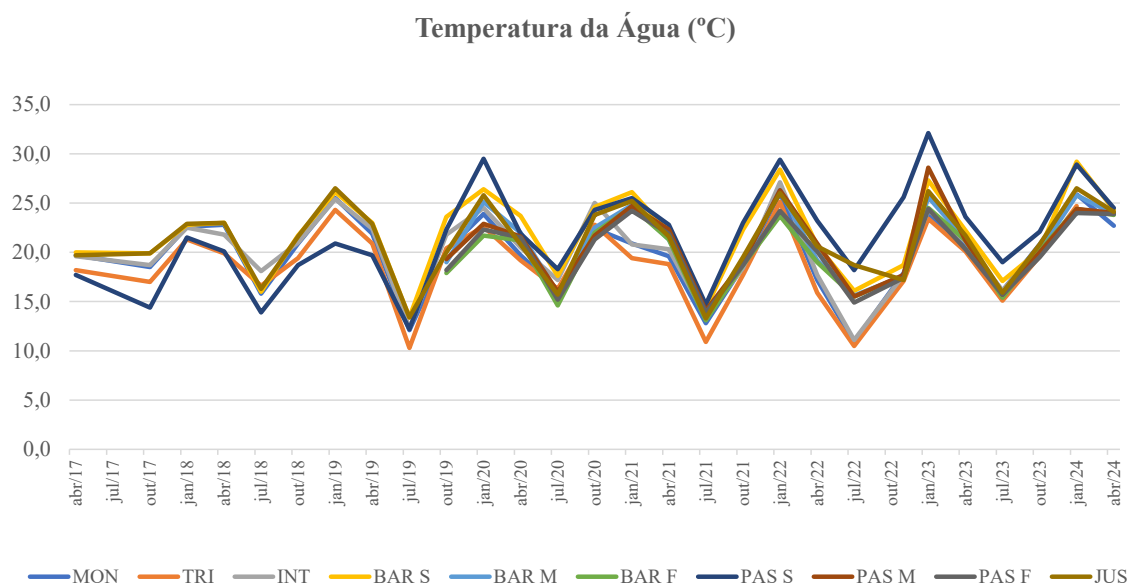


Figura 3.2 – Valores de temperatura da água (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A temperatura do ar, ao longo dos anos, apresentou padrões semelhantes a temperatura da água, com maiores valores no Outono e primavera e menores no inverno

e outono, sendo que a maior temperatura registrada durante as amostragens foi de 33,0°C enquanto a menor temperatura foi de 2,0°C. Considerando a presente análise, as temperaturas oscilaram entre 20,0°C (PAS S) e 28,0°C (PAL) (Figura 3.3; Quadro 3.4).

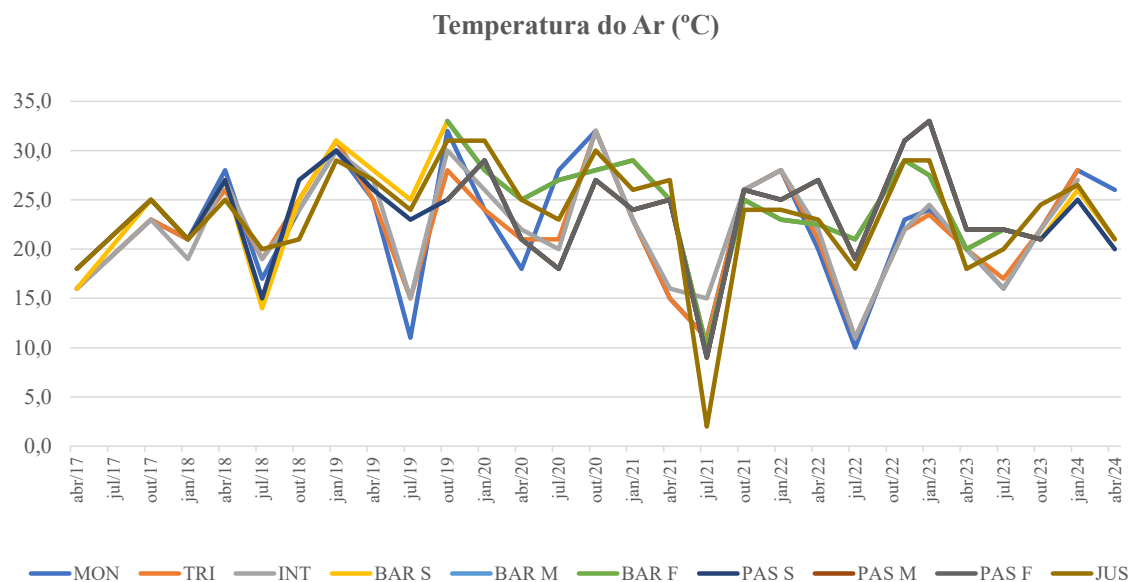


Figura 3.3 – Valores de temperatura do ar (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 2011), sendo necessário para a respiração de organismos aeróbicos. A sobrevivência dos peixes, por exemplo, requer concentrações mínimas de oxigênio dissolvido entre 10% e 60% de saturação, dependendo da espécie e outras características do sistema aquático (Fiorucci & Filho, 2005).

Durante todo o período que compreendeu o monitoramento de qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de oxigênio dissolvido se mantiveram em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005 ($OD \geq 5,00$ mg/L) durante as fases pré-obra, instalação e operação, exceto no mês de outubro/2018 no local PAS na fase pré obra e nos locais BAR e PAS nas camadas meio e fundo, de ambos, durante quase toda a fase de operação (Figura 3.4).

Em abril de 2024 as concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre 3,31 mg/L no local PAS F e 7,99 mg/L (PAL) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Dessa forma, durante o Outono de 2024 os locais PAS S, PAS M, PAS F, BAR M e BAR F apresentaram concentrações abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/2005, para águas de classe 2, onde o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,00 mg/L.

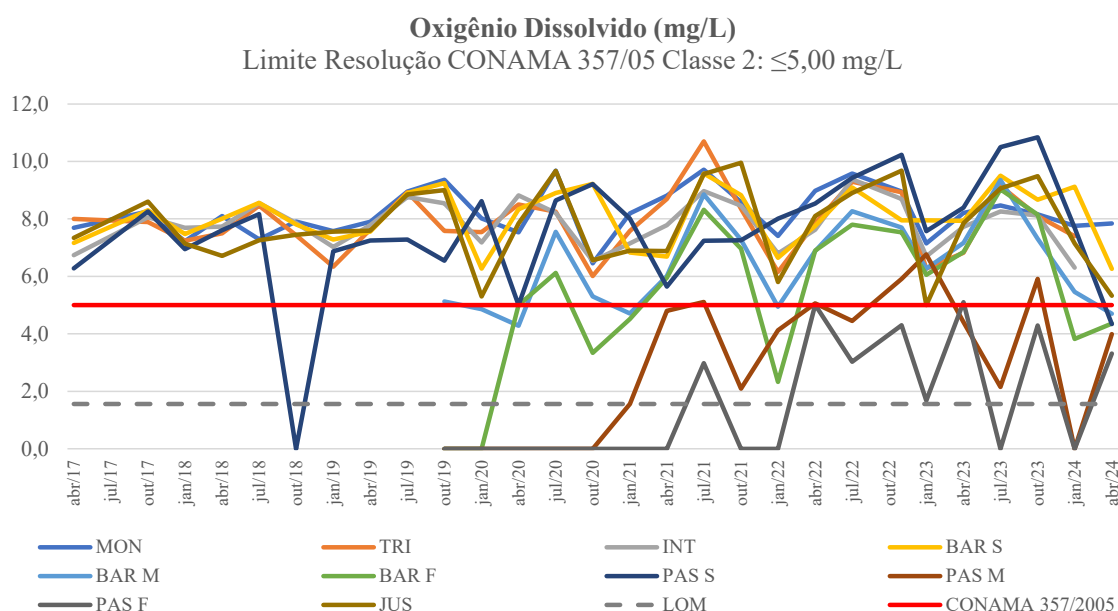


Figura 3.4 – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA n° 357/2005 – Classe 2; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Ao longo dos anos de estudo, as porcentagens de saturação seguiram o mesmo padrão do observado para as concentrações de oxigênio dissolvido, sendo registrados menores valores nos locais PAS (fase pré-obra), BAR M, BAR F, PAS M e PAS F (fase de operação) (Figura 3.5).

Com relação à porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, durante o Outono de 2024, o menor valor foi registrado no PAS F (48,9%) e o maior no local PAL (96,2%) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Para esse parâmetro a resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece limites.

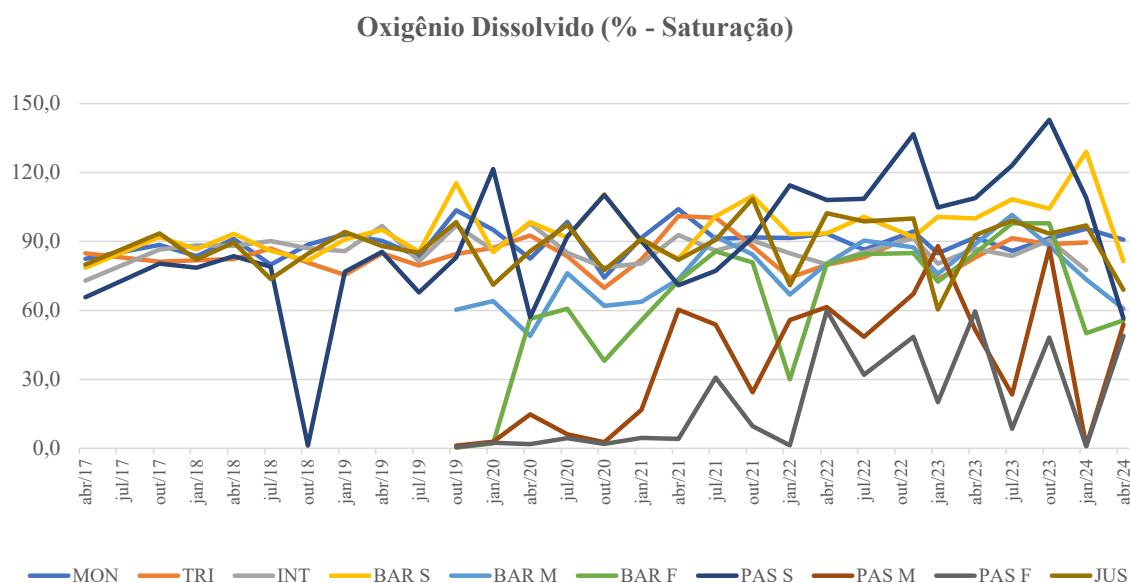


Figura 3.5 – Porcentagem de saturação de oxigênio registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

O perfil de oxigênio dissolvido avaliado a cada metro no local BAR, sofreu queda gradativa da superfície até a profundidade final de 16 metros, com valores oscilando de 6,26 a 4,33 mg/L, com valores abaixo do limite mínimo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 (5,00 mg/L) a partir de 5 metros de profundidade (Figura 3.6). Com relação à temperatura, o perfil avaliado a cada metro, revelou o maior valor em 1 m de profundidade (24,4 °C), chegando a 23,8 °C nas profundidades 15 e 16 m (Figura 3.6).

Em relação ao perfil do oxigênio dissolvido do córrego Passatempo (PAS) (Figura 3.7), as concentrações oscilaram entre 5,02 mg/L (1 metro de profundidade) e 3,31 mg/L (9 metros de profundidade), considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2, onde o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,00 mg/L, apenas na profundidade de 1 metro a concentração de oxigênio dissolvido ficou acima do preconizado. A temperatura da água oscilou entre 24,5 °C na camada mais superficial e 23,9 °C a partir de 7 metros de profundidade.

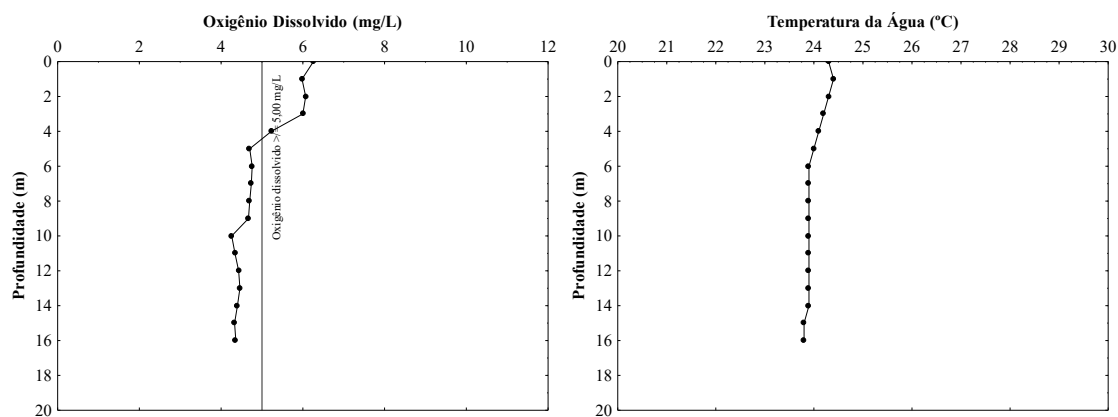


Figura 3.6 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido e temperatura da água nas diferentes profundidades do local Barragem (BAR) na área de influência da UHE Tibagi Montante, no outono de 2024. (—) Limite da CONAMA n° 357/2005 – Classe 2.

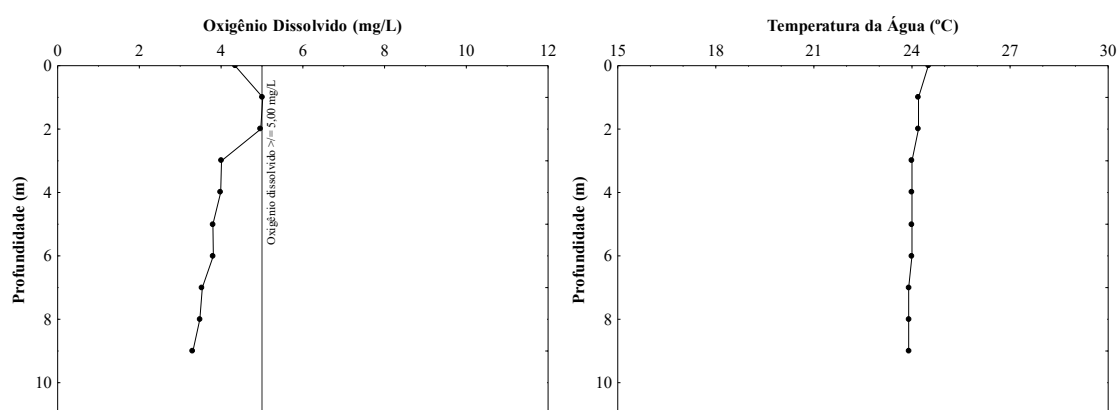


Figura 3.7 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido (A) e temperatura da água (B) nas diferentes profundidades do local Passatempo (PAS), na área de influência da UHE Tibagi Montante, no outono de 2024. (—) Limite da CONAMA n° 357/2005 – Classe 2.

O pH influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies, sendo que para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6,00 e 9,00 (Esteves, 2011).

Durante os estudos foram registrados poucos valores de pH fora do limite preconizado pela CONAMA 357/2005, a qual estabelece que o pH deve ficar entre a faixa de 6,00 a 9,00. Dessa forma, foram observados valores fora dessa faixa, principalmente nos meses janeiro/2022, julho/2022 e janeiro/2023, os quais foram observados nos locais BAR M, BAR F, PAS S, PAS M e PAS F (figura 3.8).

Já em abril de 2024, os valores do potencial de íons hidrogênio (pH) na água, oscilaram entre 6,36 (PAS S) e 7,55 nos locais PAL e JUS (Figura 3.8; Quadro 3.4),

assim, todos os locais apresentaram concentração dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (9,00).

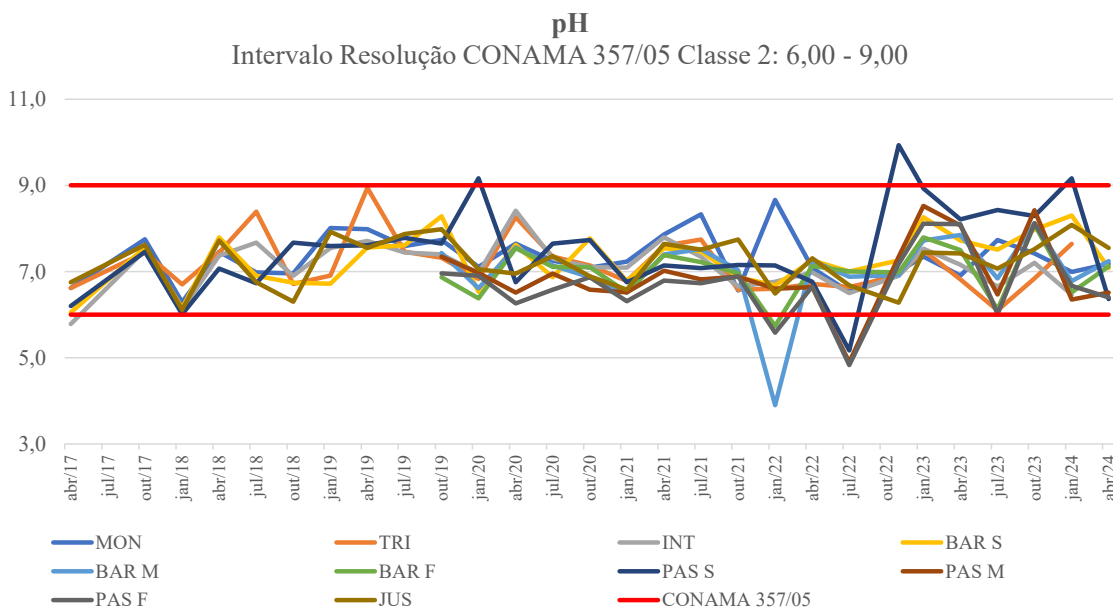


Figura 3.8 – Valores de pH registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

A alcalinidade é a capacidade da água em consumir ou neutralizar ácidos, sendo devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos, bromatos, silicatos, fosfatos e hidróxidos, formados pela ação do dióxido de carbono sobre os minerais do sedimento (Esteves, 2011).

No decorrer dos estudos, a alcalinidade apresentou valores que variaram desde abaixo do limite de quantificação do método ($< 0,13$ mg/L) a 32,5 mg/L, salvo durante o mês de outubro/2018 no local PAS onde foram registrados 183,9 mg/L de alcalinidade total (Figura 3.9).

Já nesta campanha os valores de alcalinidade total oscilaram entre 17,52 mg/L (BAR M) e 23,06 mg/L (JUS) (Figura 3.9; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

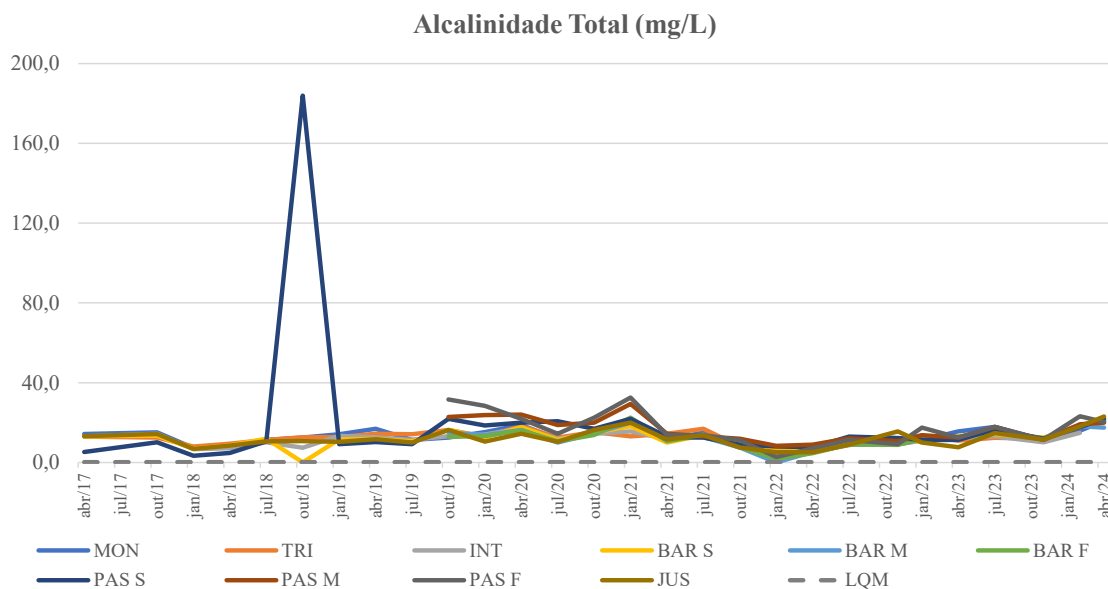


Figura 3.9 – Valores de alcalinidade total (mg/L) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A turbidez reflete o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão (Esteves, 2011).

A turbidez apresentou pouca variação ao longo dos anos de estudo, porém, durante a fase pré-obra foram registrados valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 100,0$ NTU) apenas nos locais PAS e TRI, já após a formação do reservatório (fase de operação) foram registrados valores acima do preconizado pela resolução nos locais MON, INT e TRI (Figura 3.10).

Na amostragem do mês de abril de 2024 os valores de turbidez oscilaram entre 6,42 NTU (PAS F) e 37,3 NTU (MON) (Figura 3.10; Quadro 3.4), desta forma não foram observados valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece como máximo o valor de 100 NTU para águas de classe 2.

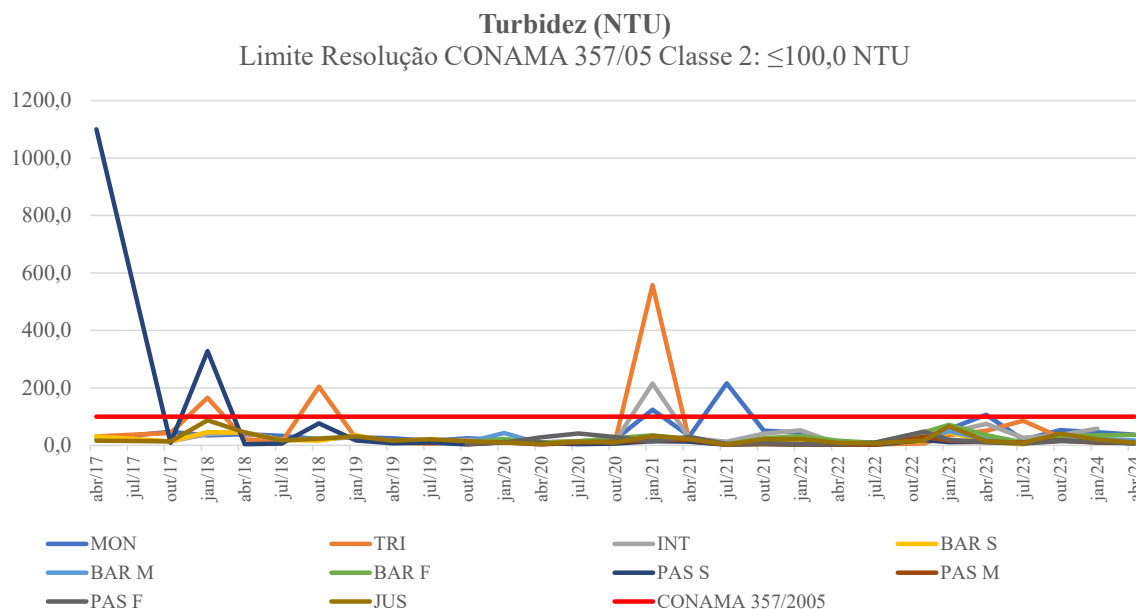


Figura 3.10 – Valores de turbidez (NTU) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

A transparência, uma das mais antigas e básicas ferramentas usadas pelos limnólogos em todo o mundo, é a medida da penetração vertical da luz solar na coluna d'água, sendo afetada basicamente por algas e material em suspensão (Esteves, 2011).

Considerando os dados consolidados para a transparência da água, o maior valor registrado na área de influência da UHE Tibagi Montante ocorreu no local BAR S no mês de abril/2020, enquanto o menor foi verificado no local PAS S no mês de outubro de 2018 (Figura 3.11).

Considerando apenas a amostragem realizada no mês de abril de 2024, a transparência apresentou o menor valor no local MON (0,40 m) e o maior no local PAS S (1,20 m) (Figura 3.11; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

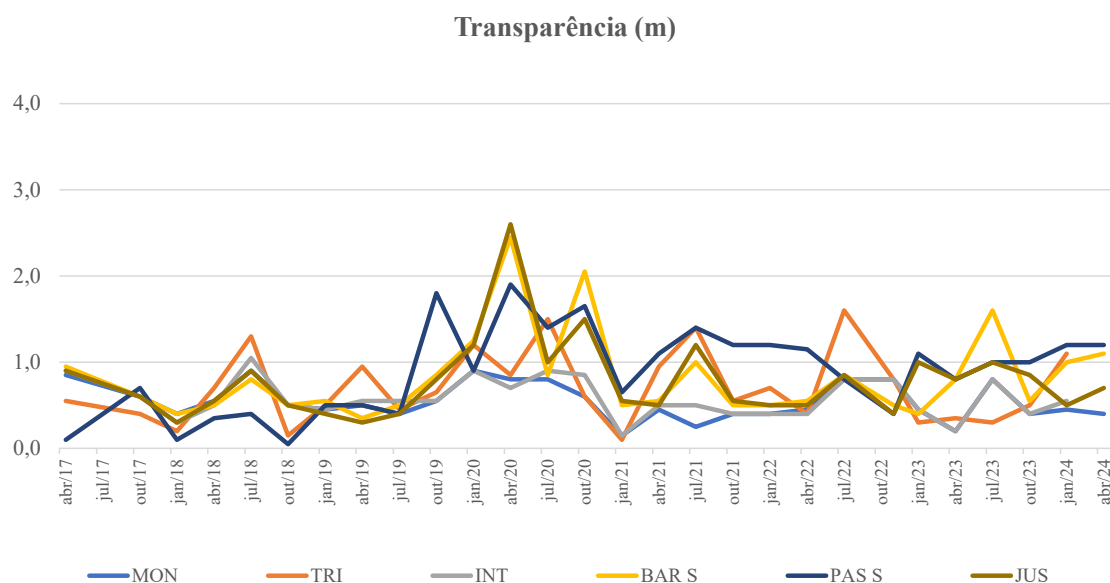


Figura 3.11 – Valores de transparência (m) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A condutividade elétrica está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo de água, portanto, quanto maior a concentração dos íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica.

Os maiores valores de condutividade elétrica, no decorrer dos estudos, foram registrados durante o mês de outubro de 2018, sendo que o maior valor foi verificado no local PAS S (906,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No geral, a condutividade elétrica apresentou pouca variação ao longo dos anos, mantendo pouca oscilação dentro de cada mês de amostragem (Figura 3.12).

Nesta coleta o menor valor de condutividade elétrica foi registrado no local PAS M (49,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e o maior no local JUS (73,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ambos) (Figura 3.12; Quadro 3.4). A resolução CONAMA 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

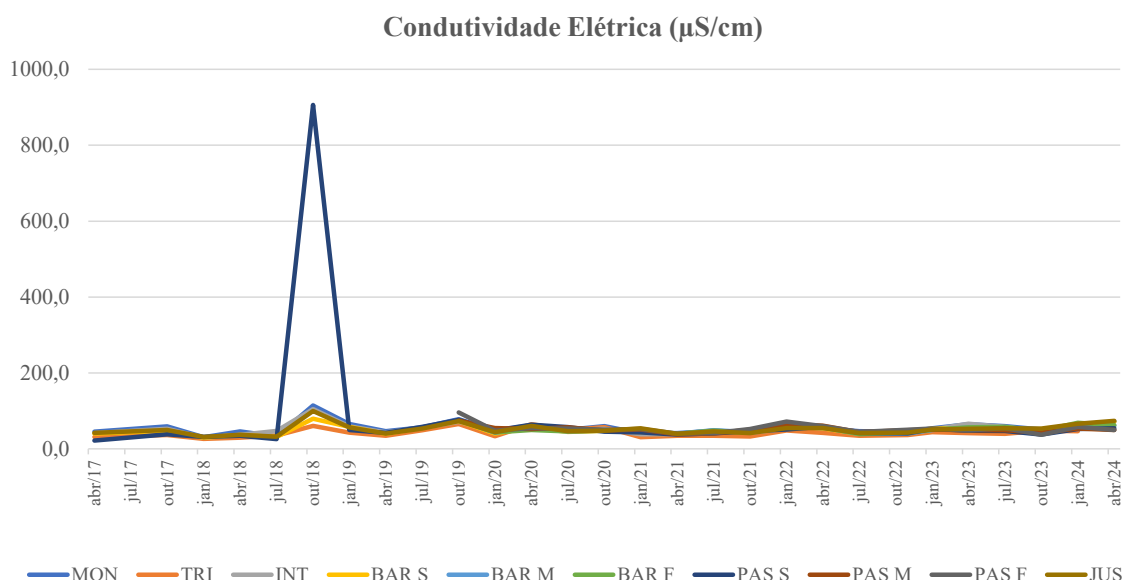


Figura 3.12 – Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Segundo Funasa (2013), a cor de uma amostra de água está associada à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico, sendo que dentre os coloides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas e outros substratos. Ainda segundo esse autor, os esgotos domésticos se caracterizam por apresentar predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira etc.). Há também compostos inorgânicos capazes de causar cor na água e os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo (Funasa, 2013). Entretanto, para a população em geral, o maior problema de cor na água é o estético, já que causa um efeito repulsivo (Funasa, 2013).

Com relação à cor aparente, considerando os dados consolidados, os valores oscilaram de 4.907,3 UC (TRI) a 25,0 UC (PAS S) (Figura 3.13). A resolução CONAMA 357/2005, estabelece um limite máximo de 75 UC para águas de classe 2, dessa forma, ao longo de todo o período amostrado, foram registrados valores acima do permitido em

todos os locais de amostragem, contudo, durante os meses de estiagem os valores de cor registrados ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução.

Durante o mês de abril de 2024, todos os locais onde foram realizadas análises de cor apresentaram valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (75,0 UC), sendo que o maior valor foi registrado no local MON (273,2 UC) e o menor no local JUS (103,28 UC) (Figura 3.13; Quadro 3.4).

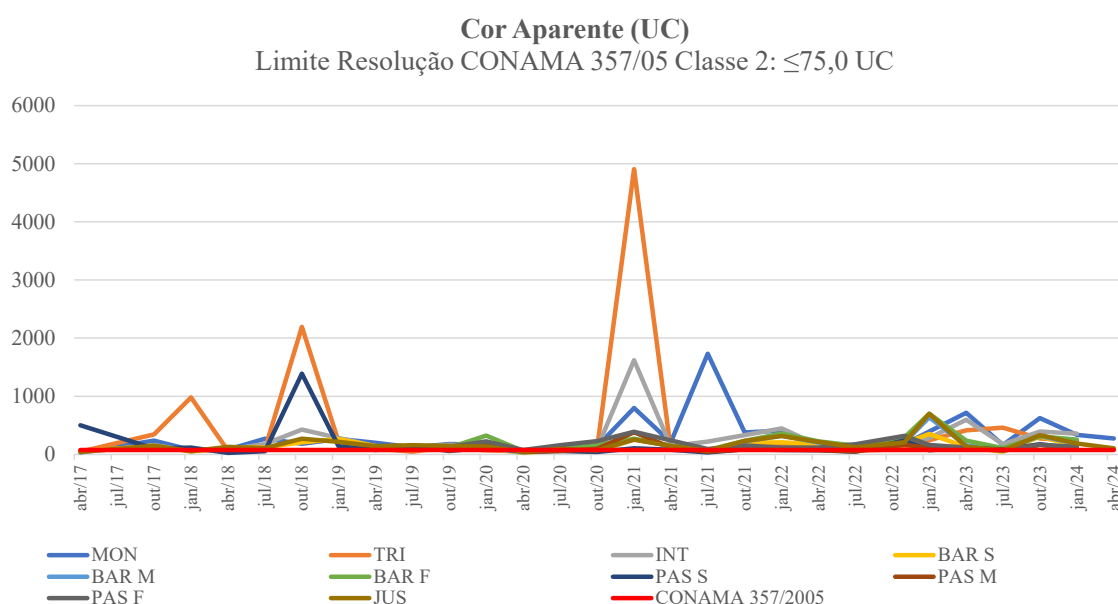


Figura 3.13 – Valores de cor aparente (UC) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

O fósforo é um elemento essencial para o funcionamento e para o crescimento das plantas aquáticas, uma vez que é componente de ácidos nucleicos e adenosina trifosfato (Esteves, 2011). O fluxo de fósforo nas águas continentais depende de processos geoquímicos nas bacias hidrográficas, sendo que os fosfatos dissolvidos são derivados do processo de lixiviação de minerais (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

As concentrações de fósforo total, considerando todo o período de amostragem, variaram de 0,008 a 2,200 mg/L, sendo que as maiores concentrações foram verificadas no local PAS em outubro de 2018 e no local TRI em janeiro de 2021. A resolução CONAMA 357/2005 estabelece como limite para ambientes lóticos 0,1 mg/L de fósforo total enquanto para reservatório esse limite é de 0,05 mg/L. Dessa forma, ao

longo dos estudos, foram registradas concentrações de fósforo total em desacordo com a resolução, em praticamente todos os meses (Figura 3.14).

Durante o mês de abril de 2024 as concentrações de fósforo total oscilaram entre 0,127 mg/L (PAS S) e 0,226 mg/L (MON) (Figura 3.14; Quadro 3.4). Considerando os limites da resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 para os pontos de reservatório ($\leq 0,05$ mg/L) e para os pontos de rio ($\leq 0,1$ mg/L), tanto os locais situados em ambiente lântico (reservatório), quanto os locais situados em trechos lóticos (rio) apresentaram concentrações de fósforo total acima do limite preconizado pela resolução em questão.

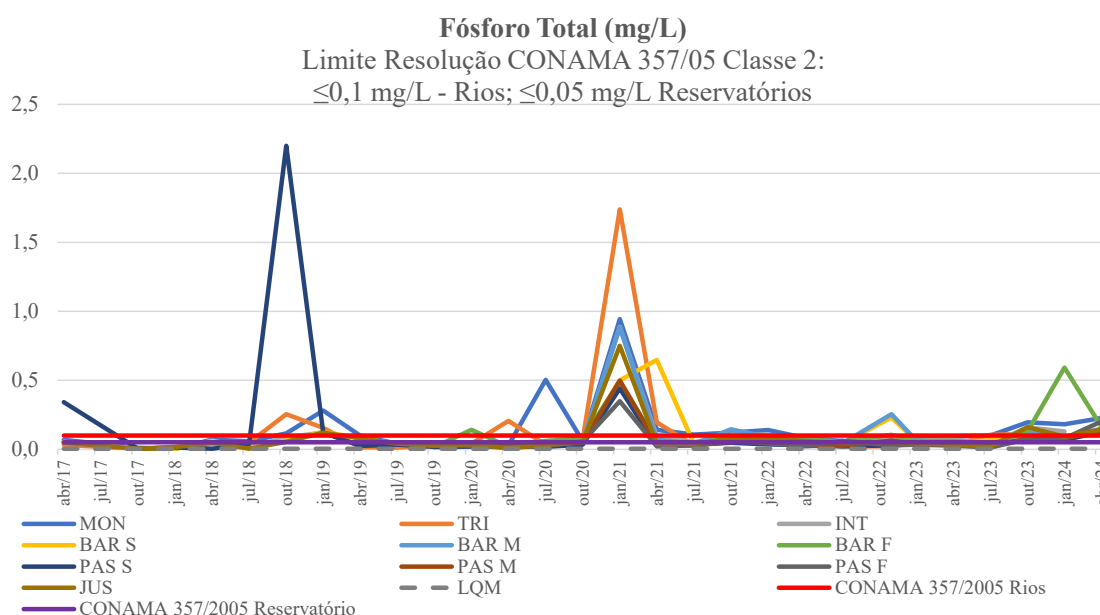


Figura 3.14 – Concentrações de fósforo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Reservatórios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Ao longo dos anos de amostragem, as concentrações de fosfato-ortofosfato oscilaram entre concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,001$ mg/L) e 0,395 mg/L (Figura 3.15).

Com relação ao fosfato, considerando a amostragem mensal, o menor valor registrado ficou abaixo do limite de quantificação do método ($LQM=0,001$ mg/L) no local PAL, enquanto o maior valor (0,022 mg/L) foi registrado no local MON (Figura

3.15; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

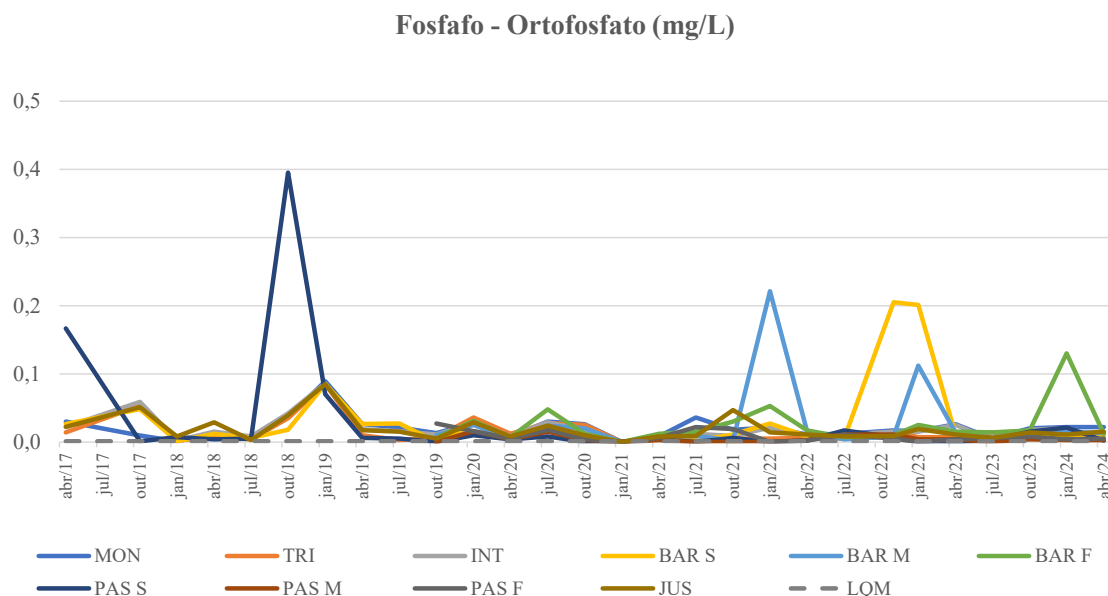


Figura 3.15 – Concentrações de ortofosfato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre os meses de abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As formas nitrogenadas no ambiente aquático são encontradas de maneiras variadas, tanto na parcela orgânica, como na inorgânica, no material particulado ou no material dissolvido. As formas inorgânicas do nitrogênio, conforme esse autor são as predominantes, sendo o nitrogênio amoniacal (NH_3), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2) e suas formas combinadas as mais comuns, além do nitrogênio total dissolvido (N_2), que resulta do somatório de todas as formas (Esteves, 2011).

Em todo o período de estudo, as concentrações de nitrogênio amoniacal oscilaram entre $< 0,009$ mg/L (Limite de Quantificação do Método) e 138,0 mg/L no local PAS S (Figura 3.10). Considerando os limites estabelecidos (3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$) pela resolução CONAMA nº 357/2005, foram registrados valores acima do permitido apenas no local PAS S em outubro/2018 e no local TRI em janeiro/2021.

Já em abril de 2024 os valores de nitrogênio amoniacal oscilaram entre valores abaixo do limite de quantificação do método ($\text{LQM} = 0,009$ mg/L) nos locais MON

e BAR S e 0,279 mg/L no local PAS F (Figura 3.16; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais se encontraram dentro do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

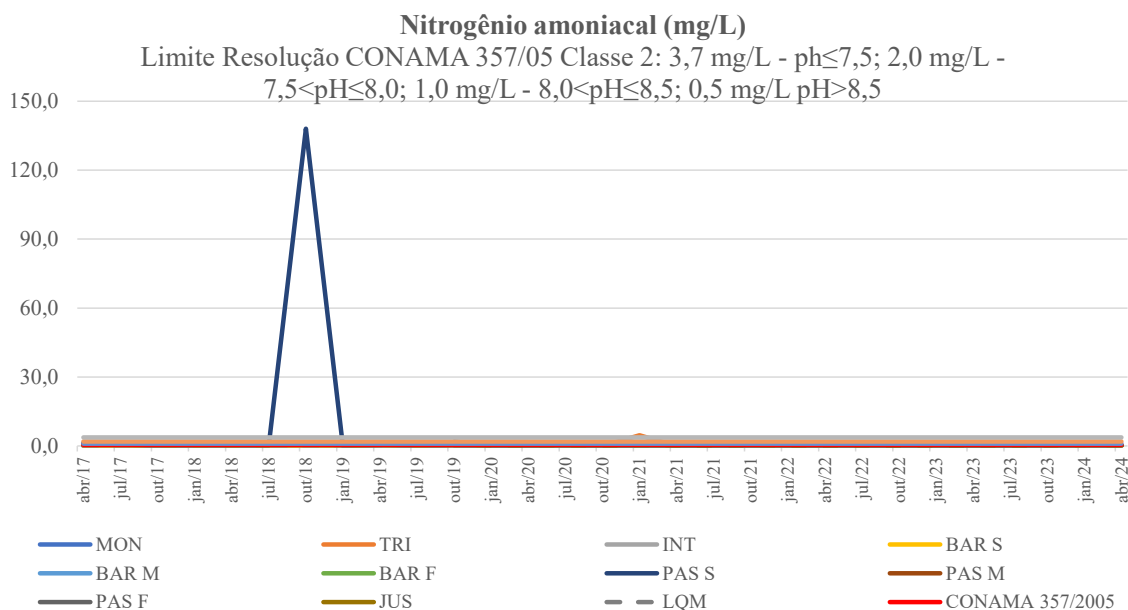


Figura 3.16 – Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Com relação ao nitrogênio orgânico, a menor concentração foi registrada no local BAR S em outubro 2017 (0,056 mg/L) e a maior no local PAS S em outubro 2018 (10,0 mg/L), considerando o período de estudos que compreende as fases de pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante (Figura 3.17). Já no que se refere a amostragem realizada em abril de 2024, os valores de nitrogênio orgânico oscilaram entre 0,53 mg/L (BAR M) e 1,29 mg/L (PAL) (Figura 3.17; Quadro 3.4). Para este parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites.

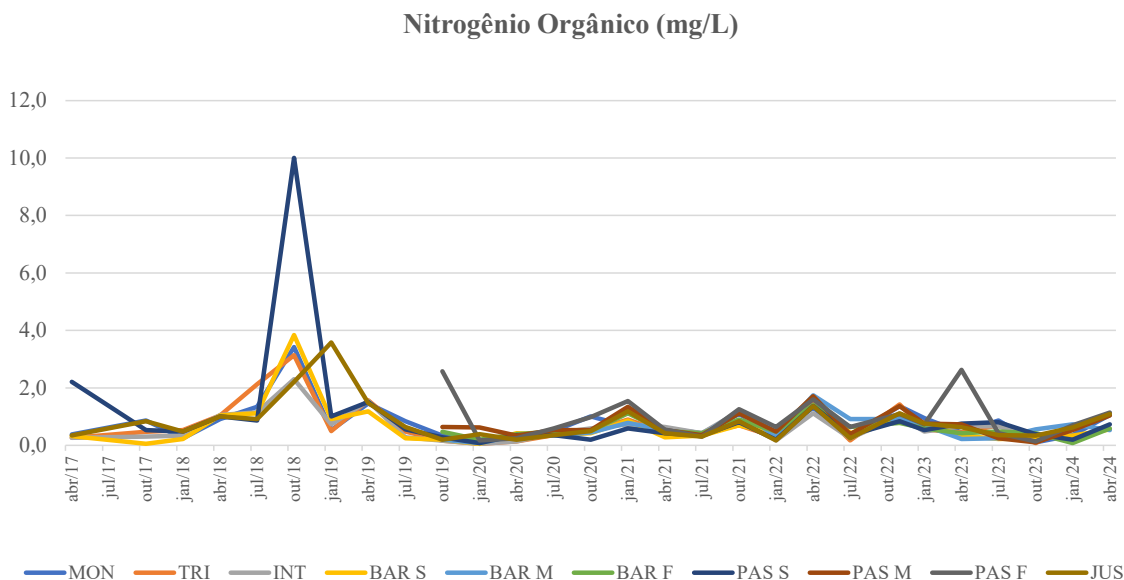


Figura 3.17 – Concentrações de nitrogênio orgânico (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O nitrato ocorre em quantidades pequenas em águas superficiais e pode atingir níveis elevados em águas subterrâneas. Nas águas residuais em geral é encontrado pouco nitrato, exceção feita aos efluentes do tratamento biológico. O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um processo de eutrofização (Esteves, 2011).

Durante todo o período de estudos na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de nitrato ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, exceto nos meses de outubro de 2018 (PAS), janeiro de 2021 (MON, INT e TRI), julho de 2021 (MON), janeiro de 2023 (TRI) e abril de 2023 (MON) (Figura 3.18), nos demais meses e locais não foram registradas concentrações de nitrato acima do permitido pela resolução.

Na presente análise a menor concentração de nitrato foi registrada no local PAL (2,37 mg/L), enquanto a maior ocorreu no local JUS (5,25 mg/L) (Figura 3.18; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais atenderam as normativas estabelecidas pela resolução CONAMA 357/2005 (< 10,0 mg/L).

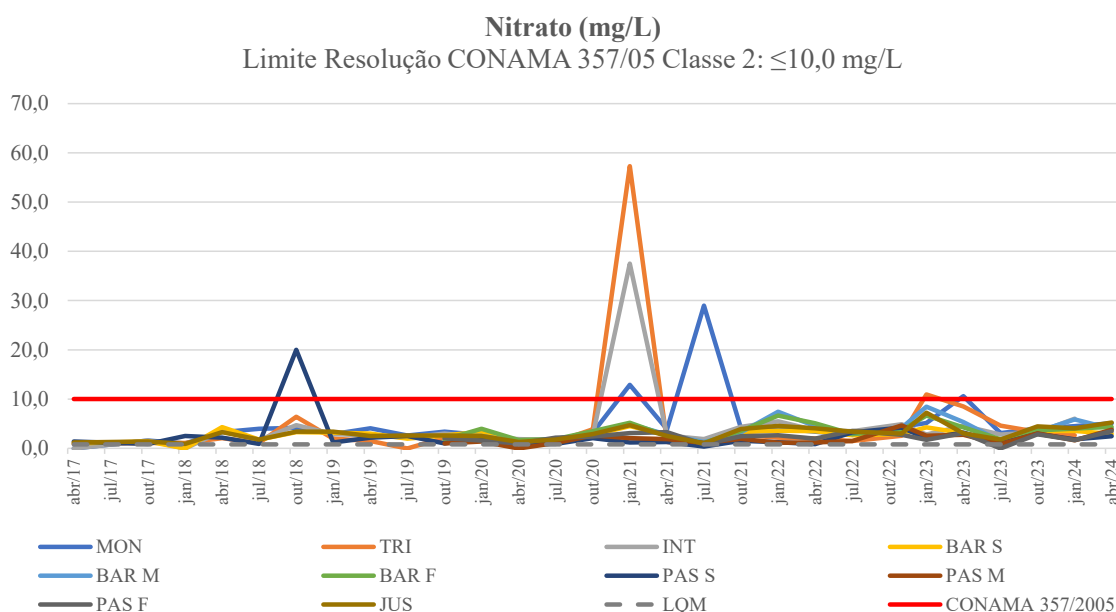


Figura 3.18 – Concentrações de nitrato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades reduzidas nas águas superficiais, pois é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária no processo de nitrificação, no qual a amônia é transformada (oxidada) por bactérias em nitrito e logo para nitrato (Esteves, 2011). O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio e sua presença na água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica, sendo que em altas concentrações ($> 1,0$ mg/L) é tóxico aos organismos aquáticos (Esteves, 2011).

Considerando toda a fase de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, não foram observadas concentrações de nitrito acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, a qual preconiza como limite concentrações menores ou igual a $1,00$ mg/L de nitrito. No contexto geral, o nitrito oscilou entre valores abaixo do limite quantificação do método ($0,002$ mg/L) a $0,92$ mg/L no local INT em janeiro de 2019 (Figura 3.19).

Em abril de 2024, a menor concentração de nitrito foi registrada no local PAS S ($0,016$ mg/L), enquanto a maior concentração ocorreu no local JUS ($0,192$ mg/L) (Figura 3.11). Conforme citado anteriormente, de acordo com a resolução CONAMA

357/2005, para águas de classe 2, é permitida a presença de até 1,0 mg/L de nitrito, assim, todos os locais apresentaram-se dentro do limite estabelecido.

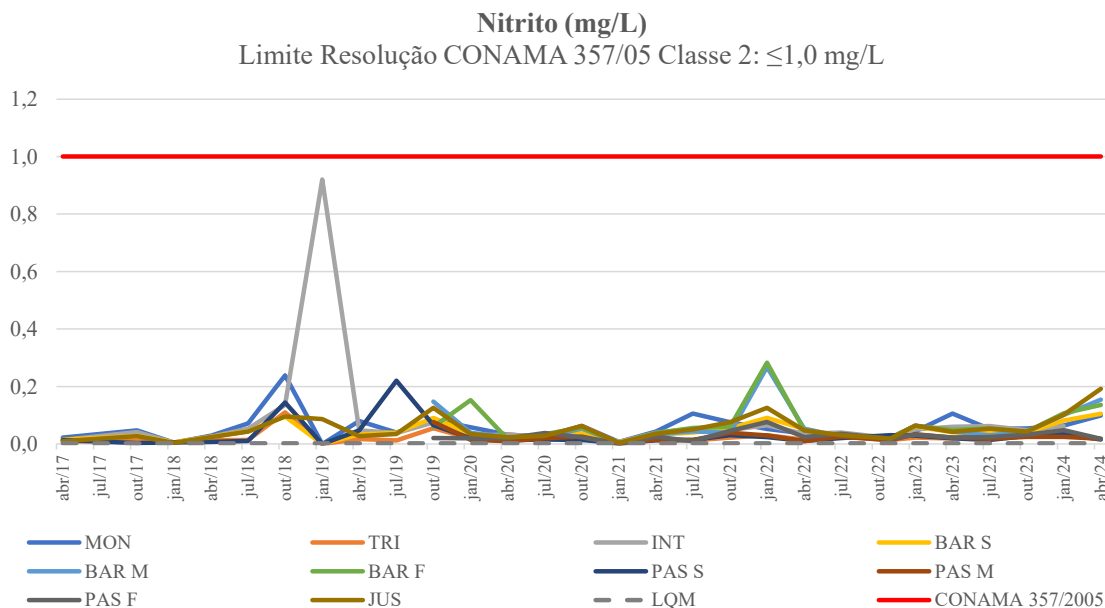


Figura 3.19 – Concentrações de nitrito (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio no meio aquático é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável por decomposição microbiana aeróbica (Cetesb, 2016).

Ao longo de todo o período de estudos, foram registradas concentrações acima do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 nos meses de outubro/2018, abril/2019, abril/2022 e novembro/2022, sendo a maior concentração verificada no local PAS S (31,65 mg/L) (Figura 3.20).

Já no Outono de 2024, os valores da DBO oscilaram entre 1,86 mg/L (JUS) e 3,22 mg/L (PAS S) (Figura 3.20; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 5,00$ mg/L).

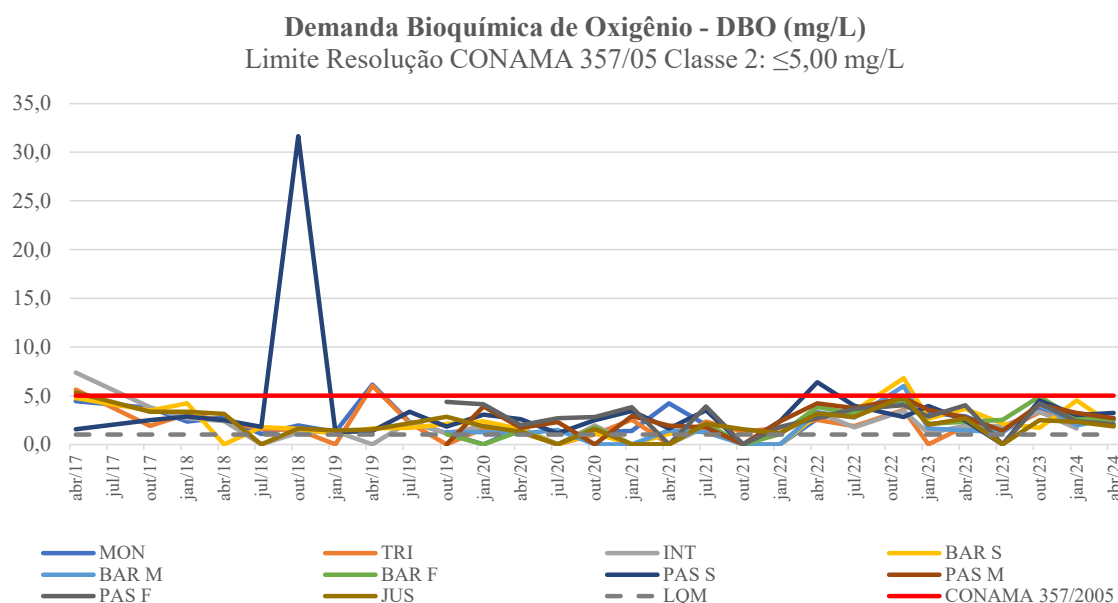


Figura 3.20 – Concentrações de DBO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A Demanda Química de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico, seus valores normalmente são maiores que os da DBO e o seu aumento num corpo de água deve-se principalmente a despejos de origem industrial, sendo muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para analisar a biodegradabilidade de despejos (Cetesb, 2016).

O monitoramento de qualidade de água entre abril/2017 e novembro/2023 apresentou maiores concentrações de DQO nos locais PAS S e BAR M em abril de 2020 (213,3 mg/L e 160,0 mg/L, respectivamente), enquanto as menores concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 3,00$ mg/L) (Figura 3.21). Para este parâmetro, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

Durante a amostragem de abril de 2024, as concentrações de DQO oscilaram entre 6,78 mg/L no local MON e 20,25 mg/L no local PAS M (Figura 3.21; Quadro 3.4).

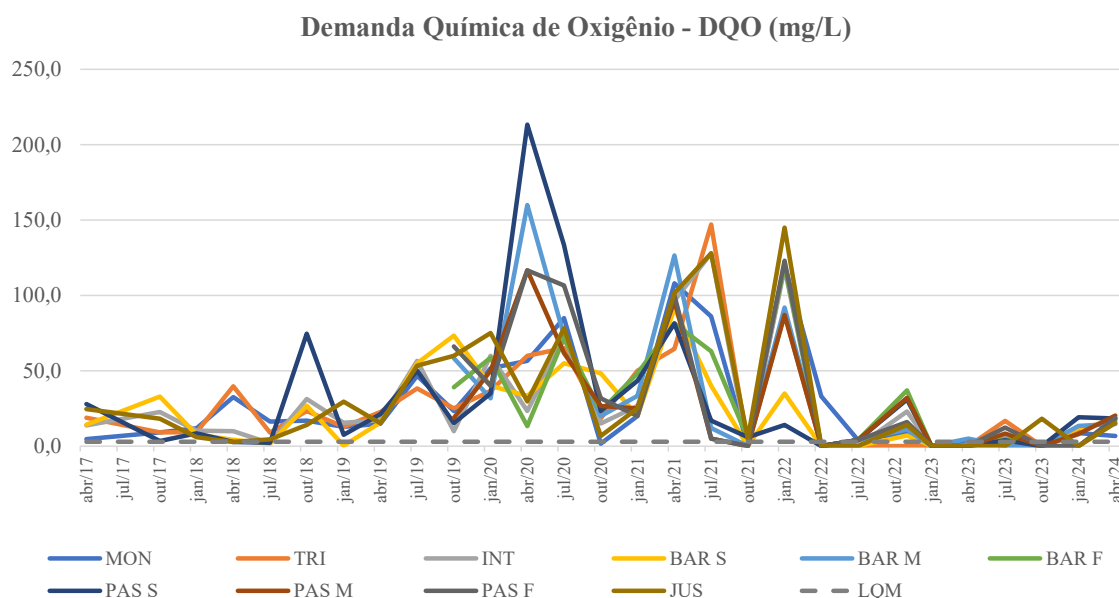


Figura 3.21 – Concentrações de DQO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenoides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético (Esteves, 2011). A clorofila-*a* é a mais universal das clorofilas e representa de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas, sendo um indicador da biomassa de algas. Assim a clorofila-*a* é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos.

As concentrações de clorofila-*a*, durante todo período analisado, apresentaram valores entre abaixo do LQM ($< 0,56 \mu\text{g/L}$) e $54,24 \mu\text{g/L}$ registrado no local PAS S em novembro/2022 (Figura 3.22). Sendo assim, ao longo de todo o período de estudos, apenas o local PAS S, no mês supracitado, apresentou concentração acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 30,0 \mu\text{g/L}$).

Já no mês de abril de 2024, a clorofila-*a* apresentou menor concentração no local MON ($5,29 \mu\text{g/L}$) e maior no local PAS S ($20,19 \mu\text{g/L}$) (Figura 3.22; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

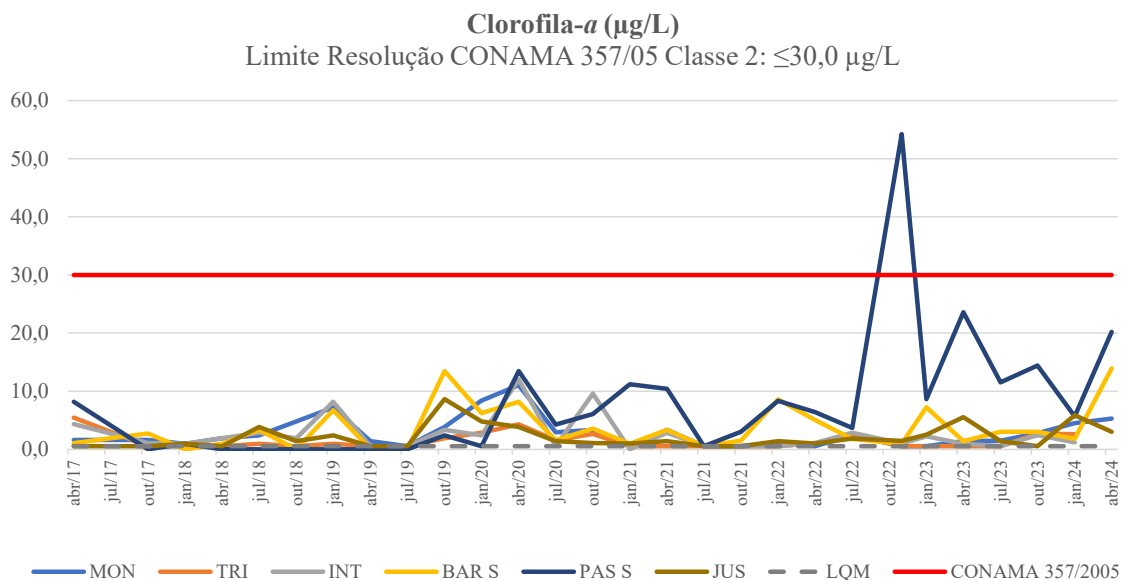


Figura 3.22 – Concentrações de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O conhecimento do teor de cloretos na água tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização ou indícios de poluição, com esgotos domésticos e resíduos industriais (Funasa, 2013).

As concentrações de cloretos, ao longo de todos os estudos, ficaram abaixo do limite recomendado pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 250 \text{ mg/L}$), oscilando entre valores abaixo do limite quantificação do método ($< 1,02 \text{ mg/L}$) e $18,49 \text{ mg/L}$ no local PAS S em outubro de 2018 (Figura 3.23).

Em abril de 2024 as concentrações de cloretos oscilaram entre $4,92 \text{ mg/L}$ no local JUS e $5,12 \text{ mg/L}$ no local MON (Figura 3.23; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais ficaram abaixo do limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

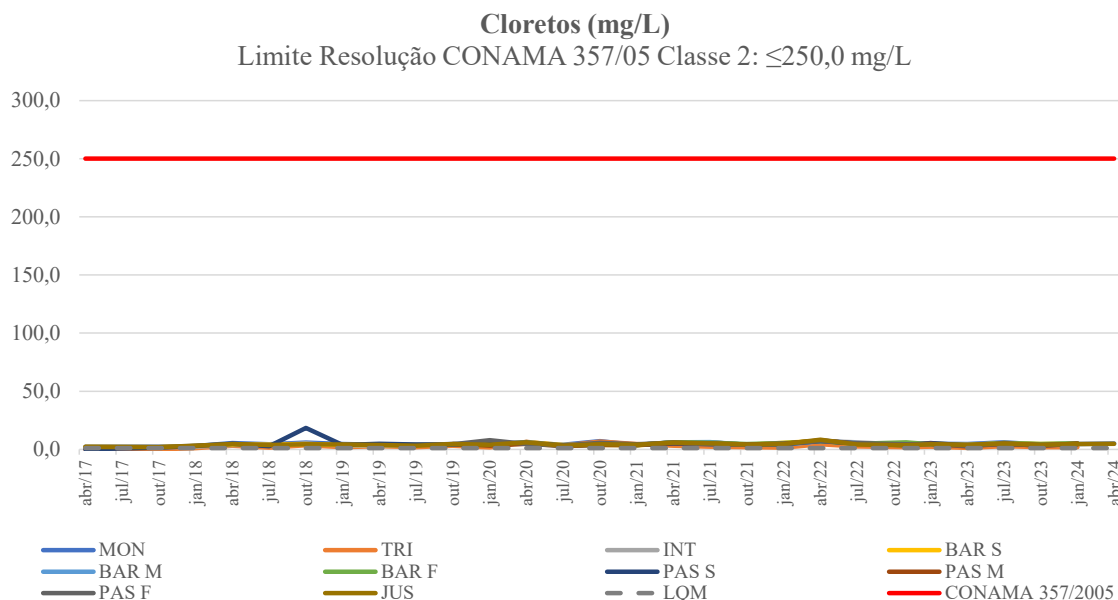


Figura 3.23 – Concentrações de cloretos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Em saneamento, os sólidos na água (totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis) correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após os processos de evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida, durante determinado tempo (Cetesb, 2016). O conjunto dos sólidos dissolvidos totais na água é formado por sais como cloretos, bicarbonatos, sulfatos e outros, que podem conferir sabor salino e propriedades laxativas à água (Cetesb, 2016). O material em suspensão é o material particulado não dissolvido, encontrado no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton), cuja principal influência é na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

Ao longo dos anos, as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos, foram registradas nos locais INT em abril/2017 e PAS S em abril/2017 e outubro/2018. Considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 500,0$ mg/L) apenas o local INT no mês de abril/2017 apresentou concentração de sólidos totais dissolvidos em desacordo com a resolução (Figura 3.24).

Com relação a amostragem do mês de abril de 2024, as concentrações de sólidos totais dissolvidos oscilaram entre 14,00 mg/L (PAL) e 57,00 mg/L (BAR F)

(Figura 3.24; Quadro 3.4). Assim, todos os valores observados mostraram-se dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 500 mg/L).

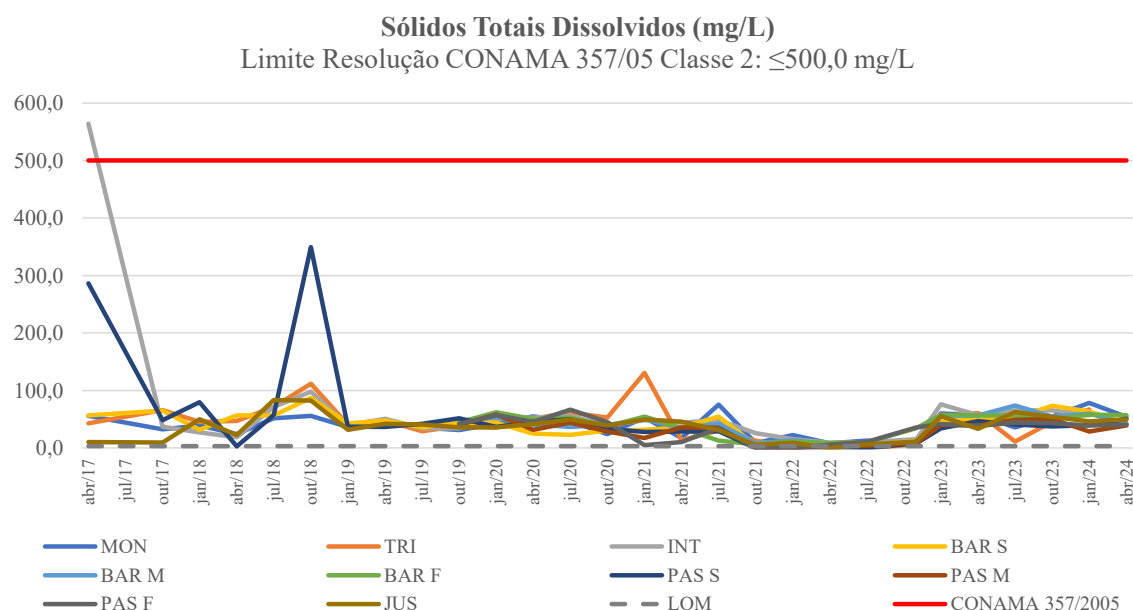


Figura 3.24 – Concentrações de sólidos totais dissolvidos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As maiores concentrações de sólidos suspensos totais, ao longo dos anos estudados foram registradas nos locais PAS S em janeiro/2018 e TRI em janeiro/2021. Para este parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não prevê concentrações limites (Figura 3.25).

Para os sólidos suspensos, durante o mês de abril de 2024, as menores concentrações ocorreram no local PAL (3,80 mg/L), enquanto a maior concentração foi registrada no local MON (18,40 mg/L) (Figura 3.25; Quadro 3.4).

Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

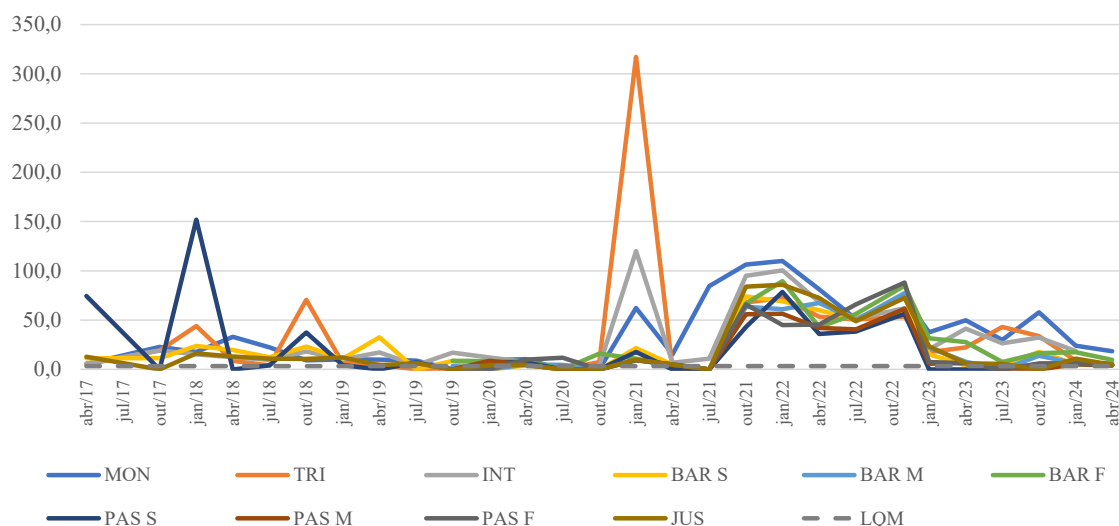


Figura 3.25 – Concentrações de Sólidos suspensos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As concentrações de Sólidos totais, seguiram o padrão observado para os sólidos totais dissolvidos e para os sólidos suspensos totais, onde as maiores concentrações foram registradas nos locais PAS S nos meses de abril/2017, janeiro e outubro/2018, e TRI, INT e MON em janeiro/2021 (Figura 3.26). Para este parâmetro a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites.

Com relação aos Sólidos Totais, durante o mês de abril de 2024 (Figura 3.26; Quadro 3.4) a menor concentração foi registrada nos locais BAR S e BAR M (56,50 mg/L), enquanto a maior ocorreu no local BAR F (115,00 mg/L). Para este parâmetro a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites.

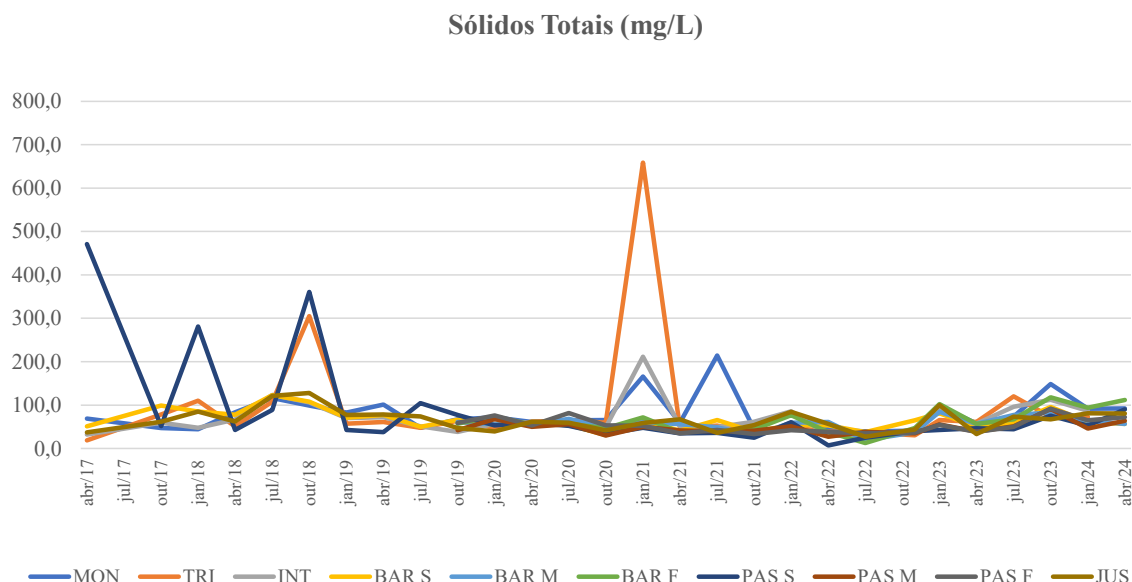


Figura 3.26 – Concentrações de sólidos totais (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O íon cálcio é um dos cátions comumente encontrados em maiores concentrações em sistemas de água doce, sendo oriundo predominantemente de minerais como: gesso, dolomita e carbonato de cálcio em diferentes formas minerais (calcita e aragonita). Os íons cálcio e magnésio contribuem para a dureza da água.

Ao longo de todo o período de estudos, as concentrações de cálcio oscilaram entre $< 0,44$ mg/L (LQM) e 12,83 mg/L (Figura 3.27). Para este parâmetro, a Resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limites. Cabe ressaltar que durante a fase de pré-obra da UHE Tibagi Montante, foram realizadas análises de cálcio apenas nos meses de janeiro, julho e outubro de 2018 e abril de 2019. Já no mês de abril de 2024, as concentrações de cálcio oscilaram entre 3,60 mg/L no local MON e 3,76 mg/L no local JUS (Figura 3.27; Quadro 3.4).

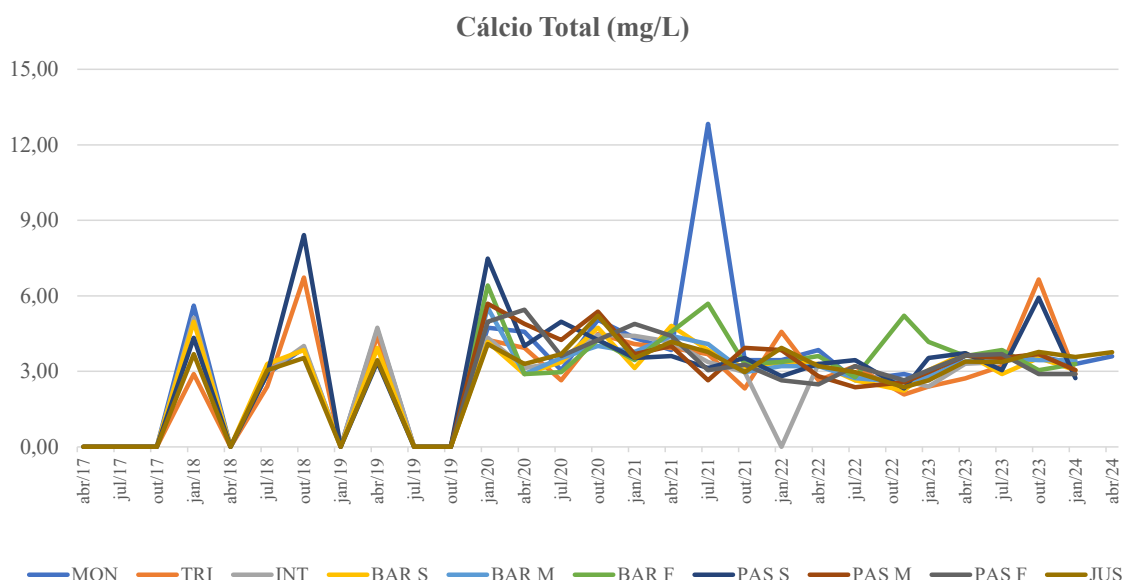


Figura 3.27 – Concentrações de cálcio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico sendo que do ponto de vista da potabilidade são admitidos valores máximos relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras (Cetesb, 2016). Quase toda a dureza da água é provocada pela presença de sais de cálcio e de magnésio (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos) encontrados em solução. Assim, os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio, tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes, alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza (Cetesb, 2016).

No período avaliado, considerando os dados consolidados entre abril de 2017 e abril de 2024, os valores de dureza oscilaram entre 6,00 mg/L no local PAS S em novembro/2023 e 88,0 mg/L no local TRI em outubro/2018 (Figura 3.28). Considerando todas as amostragens realizadas, de acordo com a tabela de classificação da água, o Rio Tibagi, no trecho de abrangência da UHE Tibagi Montante, pode ser considerado como de águas muito moles. Já na amostragem realizada em abril de 2024, a dureza total oscilou entre 19,58 mg/L no local MON e 23,46 mg/L no local JUS (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites

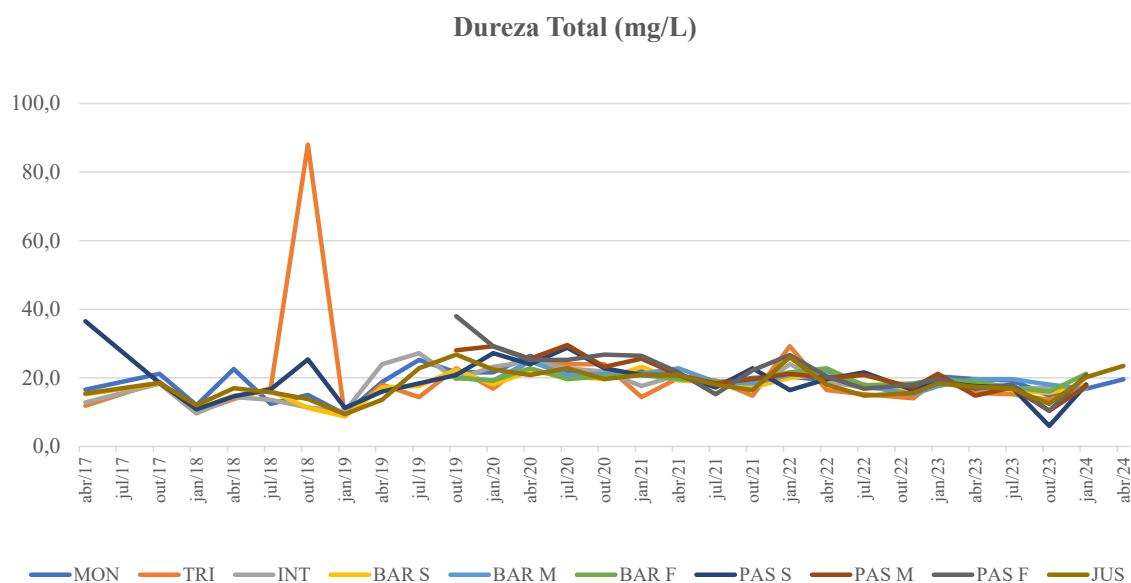


Figura 3.28 – Concentrações de dureza total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Durante todo o período de estudo, as concentrações de magnésio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 1,05 \text{ mg/L}$) a $19,75 \text{ mg/L}$, registrado no local TRI no mês outubro de 2018 (Figura 3.29).

Para o magnésio, as concentrações, durante a amostragem do Outono de 2024, oscilaram entre $2,58 \text{ mg/L}$ no local MON e $3,42 \text{ mg/L}$ no local JUS (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

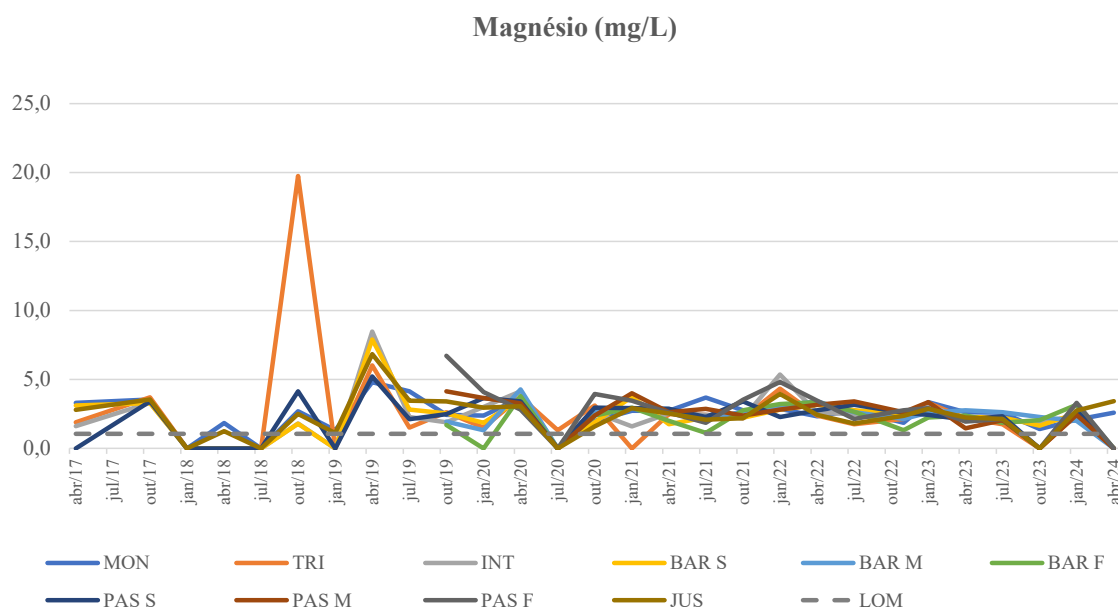


Figura 3.29 – Concentrações de magnésio (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A sílica presente no ambiente aquático é proveniente, principalmente, da decomposição de minerais de silicato de alumínio, que são mais frequentes em rochas sedimentares. Na água é encontrada nas formas solúvel, coloidal e particulada, sendo que, na forma solúvel é um composto de fundamental importância, pois é utilizada pelas diatomáceas na elaboração de sua carapaça.

Durante os estudos de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, as maiores concentrações de sílica foram registradas no mês de julho de 2021, quando os valores registrados oscilaram entre 44,38 mg/L (PAS F) e 162,22 mg/L (TRI) (Figura 3.30).

Com relação à sílica, registrada durante o Outono de 2024, as concentrações variaram de 14,620 mg/L no local JUS a 17,068 mg/L no local MON (Figura 3.30; Quadro 3.4). Para essa variável não existem concentrações de referência na Resolução CONAMA nº 357/2005.

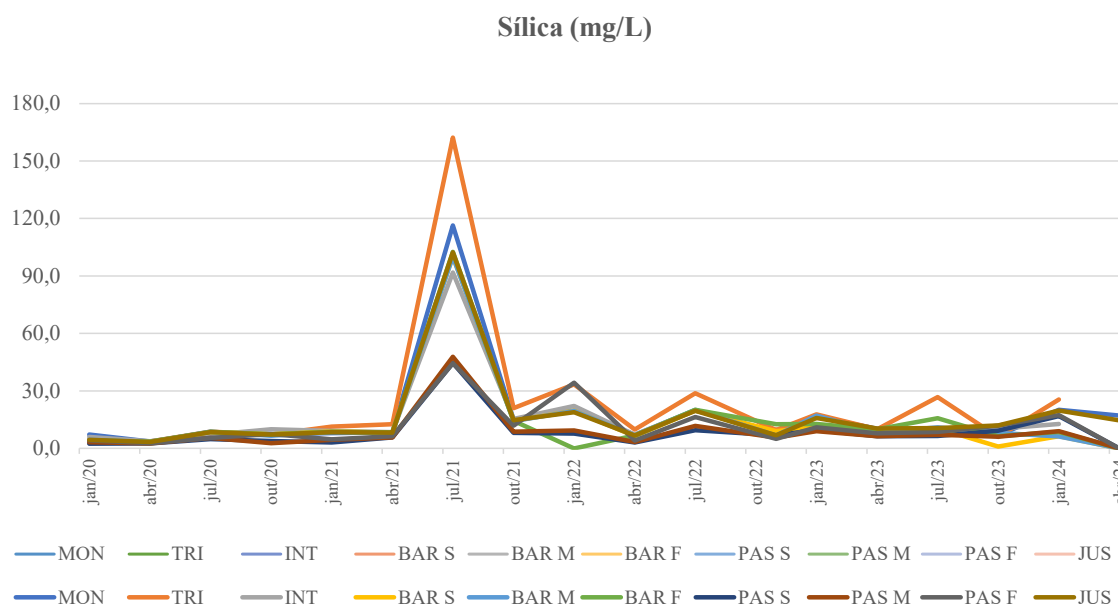


Figura 3.30 – Concentrações de sílica (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. É importante o controle do sulfato na água tratada, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. Na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico (Cetesb, 2018).

Durante todo o período de estudo, as concentrações de sulfatos registradas na área de influência de UHE Tibagi Montante mantiveram-se abaixo do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005, a qual estabelece que as concentrações de sulfatos não excedam 250,0 mg/L, sendo que as concentrações oscilaram em valores abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 2,00$ mg/L) a 17,387 mg/L no local MON no mês de julho de 2021 (Figura 3.31). Cabe ressaltar que as análises de sulfatos tiveram início após a formação do reservatório da UHE Tibagi Montante. As análises realizadas no Outono de 2024 mostraram uma menor concentração de sulfatos no local PAS M

(2,385 mg/L) e maior no local PAS F (15,912 mg/L) (Figura 3.31; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações menores que o limite máximo (250,0 mg/L) permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005.

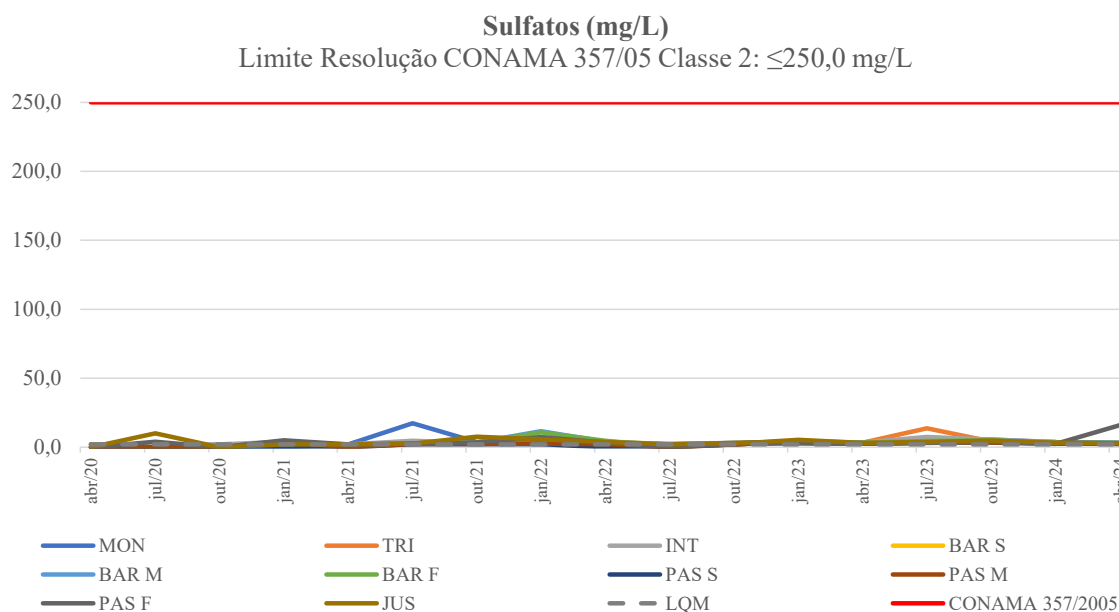


Figura 3.31 – Concentrações de sulfatos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, geralmente hidrocarbonetos, gorduras e ésteres (Funasa, 2013). São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de combustível, estradas e vias públicas, sendo os despejos industriais (especialmente refinarias, frigoríficos e saboarias) os que mais contribuem para o aumento dessas substâncias nas águas (Funasa, 2013).

No período avaliado, considerando as fases pré-obra, instalação e operação, foi detectada a presença de óleos e graxas somente a partir do mês de outubro de 2020 (Figura 3.32), no período que antecedeu o mês em questão as concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 5,00$ mg/L), sendo que a maior concentração registrada até o momento foi de 74,6 mg/L em novembro de 2023.

Durante a amostragem do mês de abril de 2024 as concentrações oscilaram entre 17,40 mg/L no local MON e 20,40 mg/L no local JUS (Figura 3.32; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que óleos e graxas devam estar virtualmente ausentes em águas de classe 2, sendo assim os locais analisados, MON e JUS, encontraram-se em desacordo com a resolução.

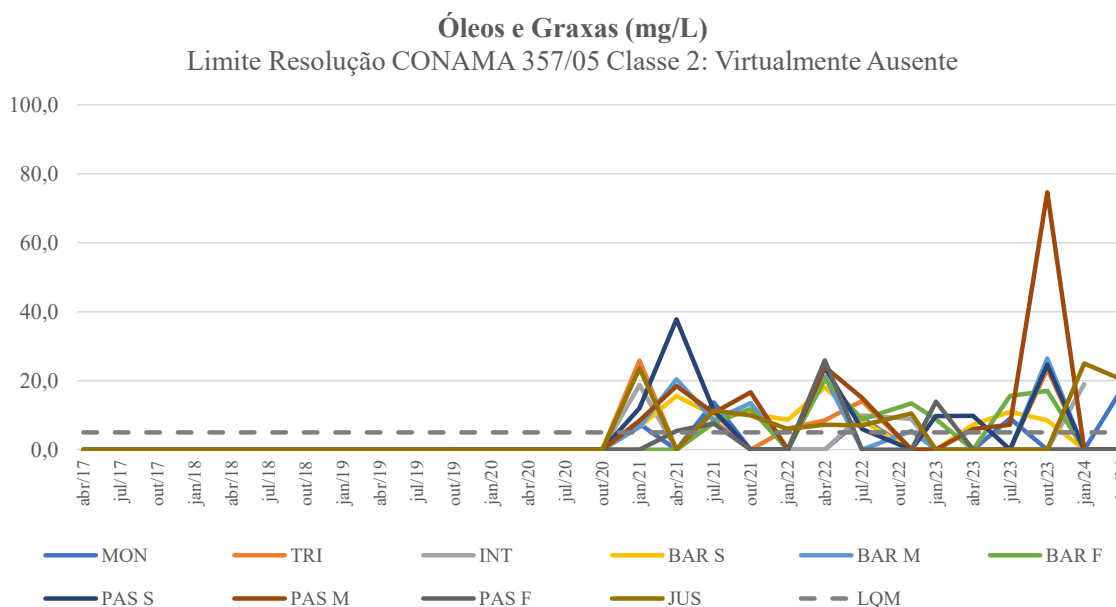


Figura 3.32 – Concentrações de óleos e graxas (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Segundo Funasa (2013), o ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água e, nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e ocorrência de processos de erosão das margens. Também segundo esse autor, a contribuição de efluentes industriais também é importante, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é realizada por meio de banho ácido na peça. O ferro, apesar de não se constituir um composto tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água, conferindo cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários (Funasa, 2013).

Com relação ao ferro total, durante todo o período avaliado as maiores concentrações foram registradas em janeiro/2021 nos locais MON (25,85 mg/L), TRI (21,20 mg/L) e INT (7,87 mg/L) (Figura 3.33). Para este parâmetro, a resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limites. Durante o mês de abril de 2024, as concentrações de ferro total, oscilaram entre 0,91 mg/L no local JUS e 1,62 mg/L no local MON (Figura 3.33; Quadro 3.4).

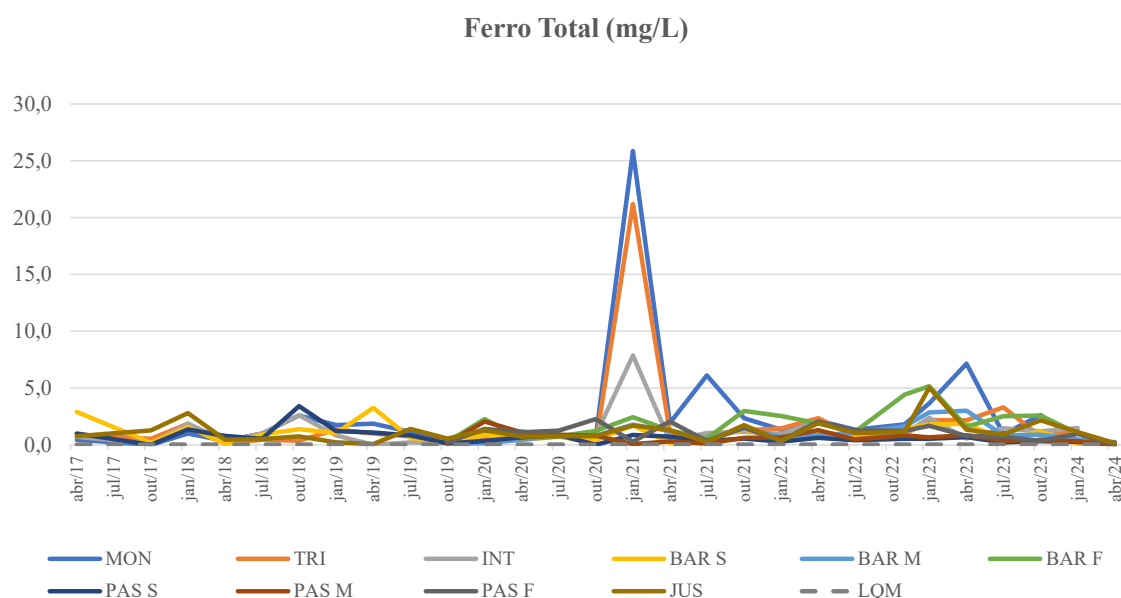


Figura 3.33 – Concentrações de ferro total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre. Ocorre naturalmente no ambiente como silicatos, óxidos e hidróxidos, combinado com outros elementos, como sódio e flúor, e como complexos com matéria orgânica. O metal é utilizado na indústria automobilística, construção civil, aeroespacial, elétrica e eletrônica, na fabricação de ligas metálicas, utensílios domésticos e embalagens para alimentos. O alumínio pode ocorrer na água em diferentes formas e sua concentração depende de fatores físicos, químicos e geológicos (Oga et al., 2014; Azevedo & Chasim, 2003).

Com relação ao Alumínio Total, analisado apenas a fase pós formação do reservatório, as concentrações oscilaram entre valores abaixo do limite de quantificação

do método ($LQM < 0,05 \text{ mg/L}$) a $5,522 \text{ mg/L}$ no local TRI no mês de julho/2023 (Figura 3.34).

Já durante a amostragem realizada em abril de 2024 a menor concentração foi registrada no local PAS F ($0,09 \text{ mg/L}$), enquanto a maior ocorreu no local BAR F ($2,083 \text{ mg/L}$) (Figura 3.34; Quadro 3.4). Para este parâmetro, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

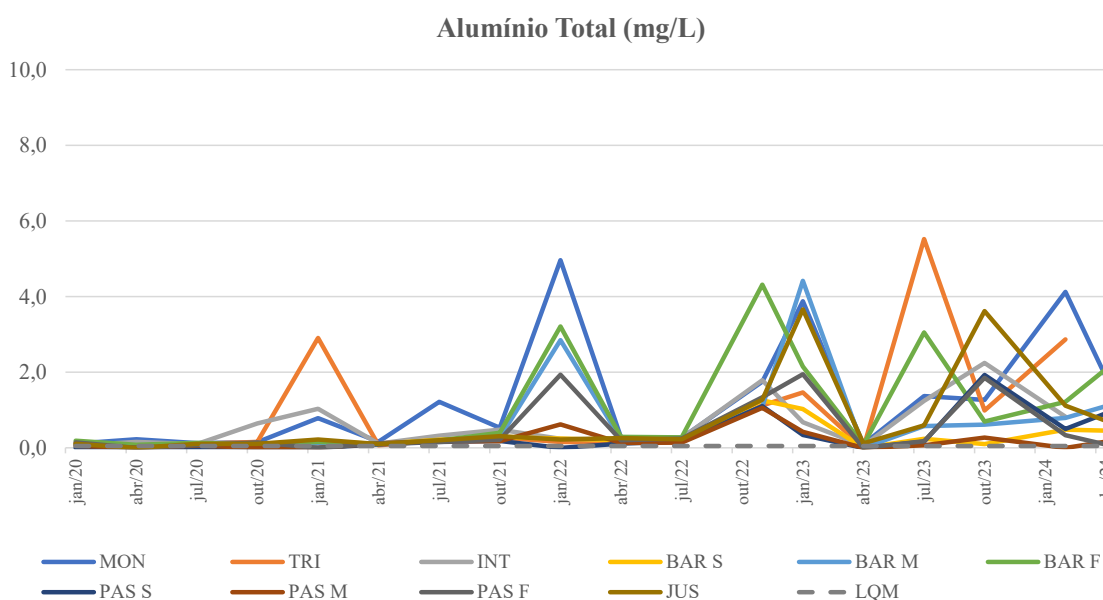


Figura 3.34 – Concentrações de alumínio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O cádmio é liberado no ambiente por efluentes industriais, principalmente galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar (Funasa, 2013). Durante o período de análise entre os meses de abril de 2017 e abril de 2024, foram registradas concentrações de cádmio total apenas nos meses de julho de 2022, janeiro e julho de 2023 (Figura 3.35), sendo que, durante o mês de julho/2023 as concentrações registradas nos locais MON, PAL, JUS, TRI e PAS F ficaram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 0,001 \text{ mg/L}$), nos demais meses amostrados as concentrações de cádmio total ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,0005 \text{ mg/L}$).

Durante o mês de abril de 2024, não foi detectada a presença de cádmio total na área de amostragem, ficando todas as concentrações abaixo do LQM ($< 0,0005$ mg/L) e consequentemente abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,001$ mg/L) (Figura 3.35; Quadro 3.4).

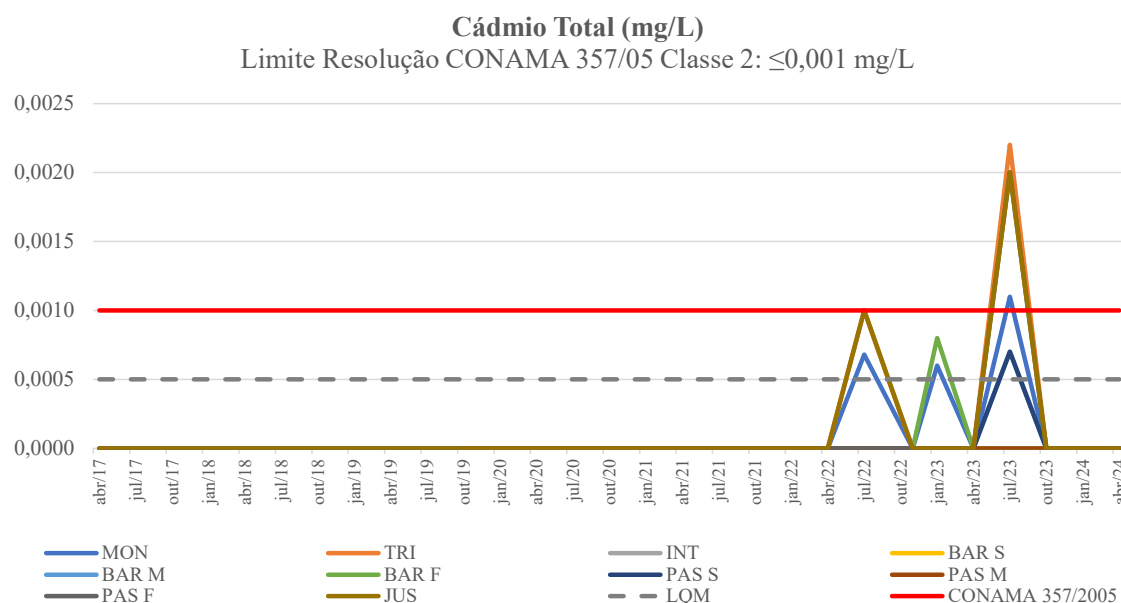


Figura 3.35 – Concentrações de cádmio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O chumbo está presente no ar, no tabaco, em bebidas e alimentos, tem ampla aplicação industrial na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros e ligas metálicas, e sua presença na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (Funasa, 2013).

Durante os estudos de monitoramento de qualidade da água da área de influência da UHE Tibagi Montante, foram registradas concentrações de chumbo total nos meses de abril/2017, janeiro/2018 e 2019, abril/2019 e 2022, outubro/2022 e janeiro, abril, julho e outubro de 2023, nas demais amostragens as concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,005$ mg/L). As maiores concentrações de chumbo total registradas nos períodos supracitados, ocorreram durante o mês de outubro de 2023 (Figura 3.36), assim, como todos os locais neste mês citado

anteriormente, com concentrações acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2, que determina um valor máximo de 0,01 mg/L de chumbo total. Durante o mês de abril de 2024 as concentrações de chumbo total ficaram abaixo do limite de quantificação do método (LQM=0,005 mg/L) em todos os locais de amostragem, ficando estes, abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (0,01 mg/L) (Figura 3.36; Quadro 3.4).

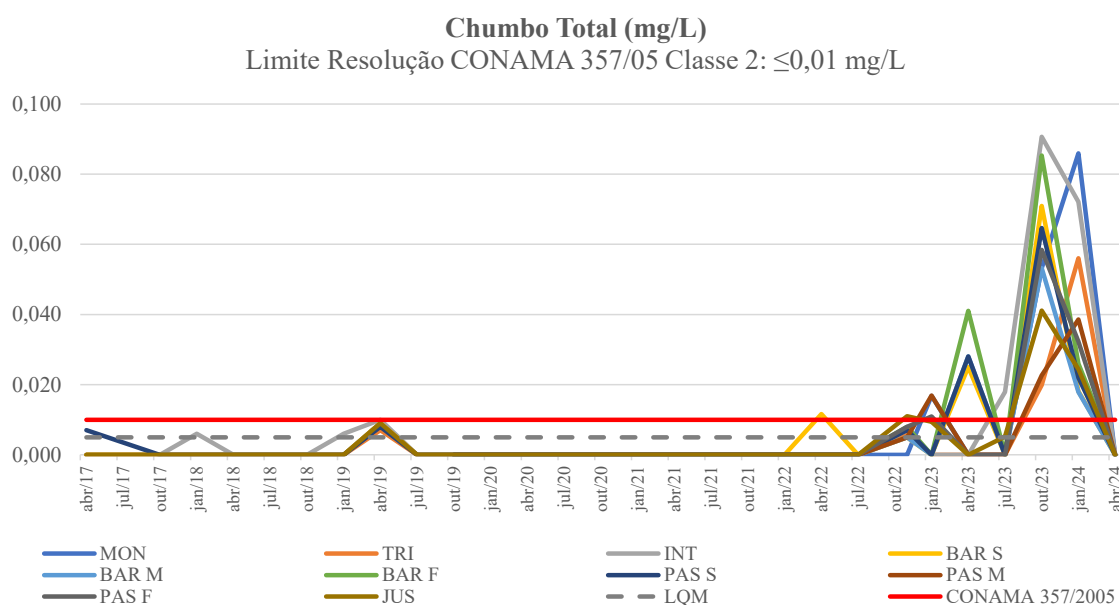


Figura 3.36 – Concentrações de chumbo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As fontes de cobre para o ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial, contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola e precipitação atmosférica de fontes industriais, sendo que para peixes e humanos, doses elevadas de cobre são extremamente nocivas (Funasa, 2013).

Durante todo período de estudos, que compreendeu as fases de pré-obra, instalação e a fase de operação da UHE Tibagi Montante, houve detecção de cobre total nos meses de outubro/2018 (PAS S), outubro/2020 (INT) e janeiro/2022 (BAR F, PAS

M e PAS F), no restante do período/locais as concentrações de cobre total ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,015 \text{ mg/L}$) (Figura 3.37). Pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 não são estabelecidos limites para Cobre Total. No período de abril de 2024, não houve detecção de cobre total, considerando que todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($<0,015 \text{ mg/L}$) (Figura 3.37; Quadro 3.4). Pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 não são estabelecidos limites para Cobre Total.

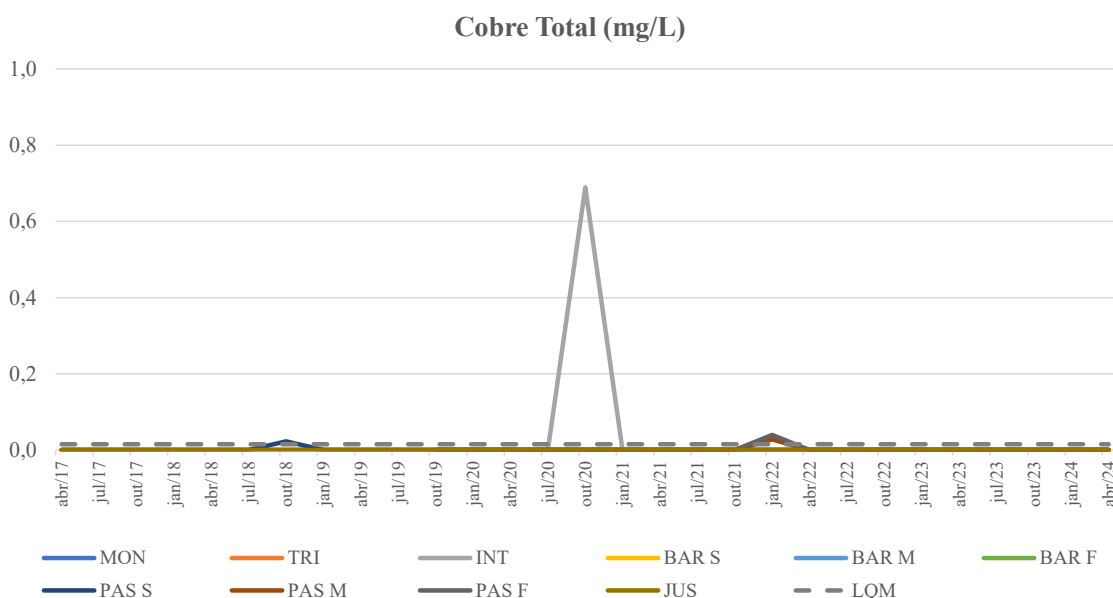


Figura 3.37 – Concentrações de cobre total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes e preservantes para madeira (Funasa, 2013). No período avaliado, as concentrações de cromo total ficaram, na maioria dos meses/locais abaixo do limite de quantificação do método ($<0,005 \text{ mg/L}$), sendo detectadas concentrações acima deste, apenas no mês de outubro/2020 (INT), sendo assim, apenas o local INT apresentou concentrações de cromo total acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,05 \text{ mg/L}$) (Figura 3.38). No mês de abril de 2024, todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($<0,005 \text{ mg/L}$) (Figura 3.38; Quadro 3.4),

ficando todos locais abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

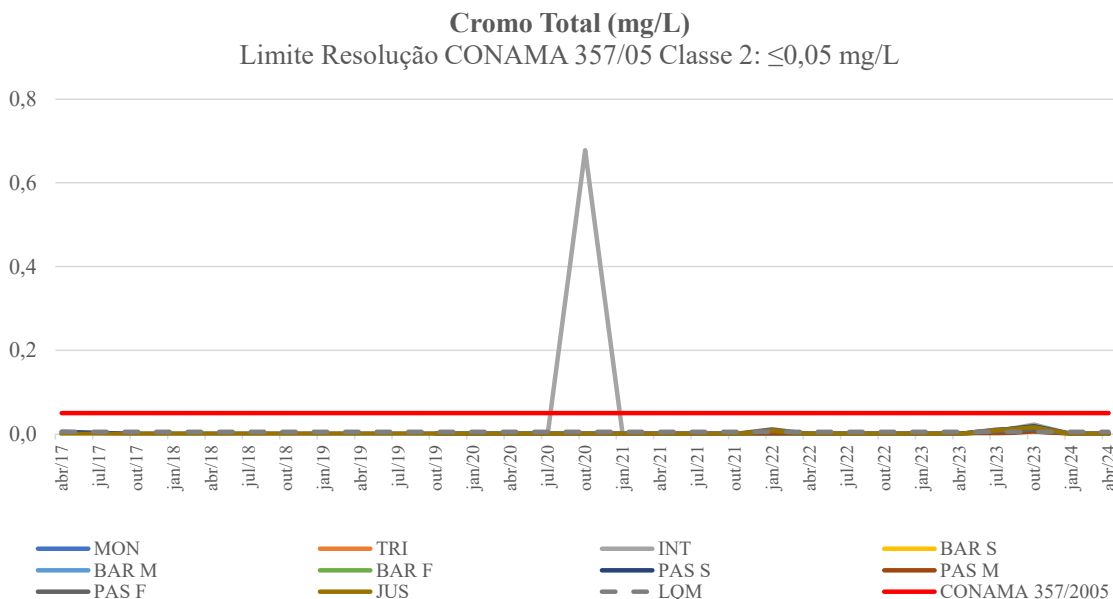


Figura 3.38 – Concentrações de cromo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O mercúrio está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea, em concentrações geralmente abaixo de $0,5 \mu\text{g/L}$, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea (Funasa, 2013). Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas e outras (Funasa, 2013).

Durante toda fase que compreendeu o monitoramento de qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, não houve detecção de mercúrio ($< 0,0001 \text{ mg/L}$) em nenhum dos meses/locais amostrados (Figura 3.39), portanto, as concentrações estiveram sempre abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,0002 \text{ mg/L}$). O mesmo foi observado durante a amostragem realizada no mês de abril de 2024 em todos os locais de amostragem (Figura 3.39; Quadro 3.4).

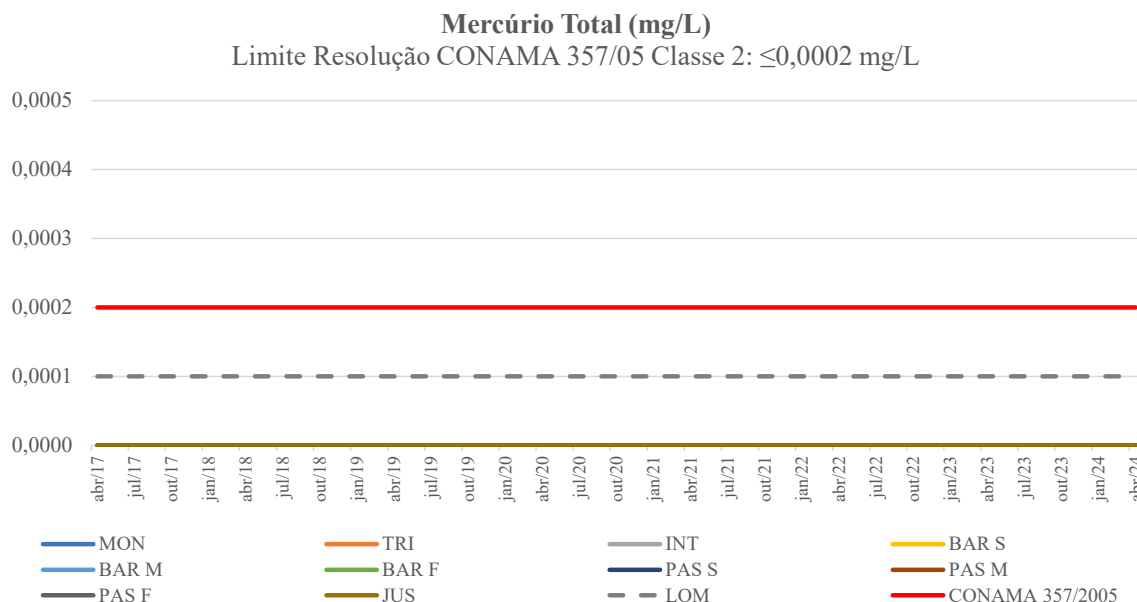


Figura 3.39 – Concentrações de mercúrio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados (Cetesb, 2016). Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis. A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao níquel e não fumante é o consumo de alimentos, sendo que a ingestão de elevadas doses causa irritação gástrica. O efeito adverso mais comum da exposição ao níquel é uma reação alérgica; cerca de 10 a 20% da população é sensível ao metal (Cetesb, 2016).

Ao longo dos anos/meses de estudos as maiores concentrações de níquel total foram registradas nos meses abril/2019 (todos locais) e julho/2022 (PAS M), sendo que nestes meses/locais as concentrações ficaram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,025$ mg/L) (Figura 3.40). Durante o mês de abril de 2024, as concentrações ficaram abaixo do Limite de Quantificação do Método (LQM=0,007 mg/L) nos locais BAR S, BAR M, BAR F, PAS S e PAS M, enquanto a maior concentração foi verificada nos locais MON e PAS F (0,009 mg/L), contudo, todos

os locais ficaram abaixo do limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 (Figura 3.40; Quadro 3.4).

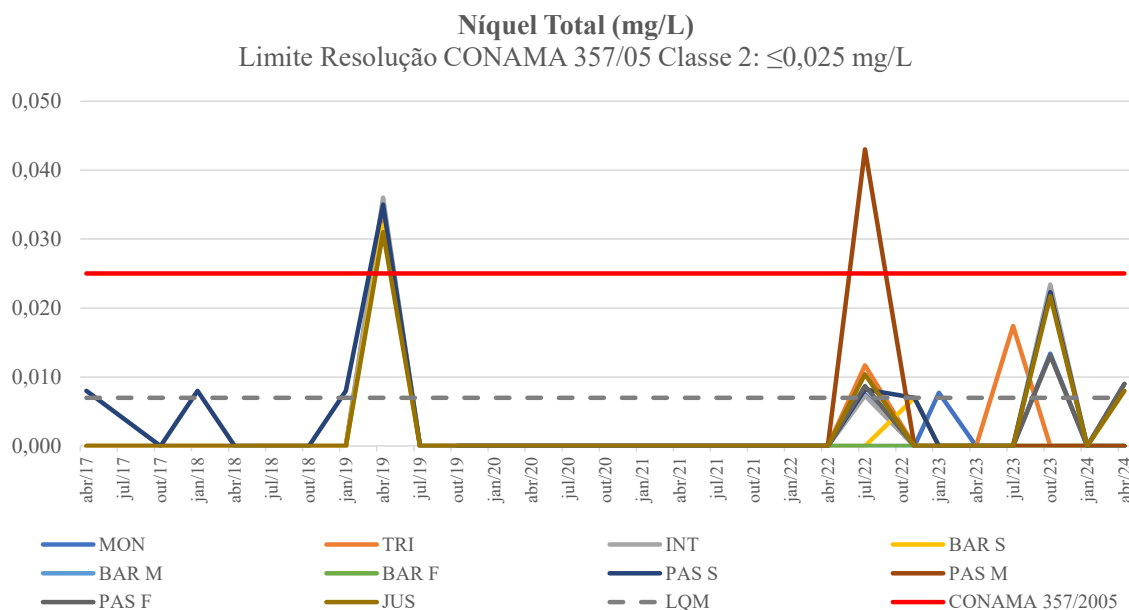


Figura 3.40 – Concentrações de níquel total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus e outros, e sua presença é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L (Funasa, 2013). Na água de torneira, a concentração desse metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações, resultando na aparência leitosa e produzindo um sabor metálico ou adstringente quando a água é aquecida (Funasa, 2013).

As maiores concentrações de zinco, ao longo de todo período de estudos na área de influência da UHE Tibagi Montante, foram registradas no local MON (abril/2019 e janeiro/2022), INT (outubro/2020 e janeiro/2022) e PAS F (janeiro/2022) (Figura 3.41). Considerando que a resolução CONAMA 357/2005, estabelece para águas de classe 2 concentrações inferiores a 0,18 mg/L, os locais supracitados encontraram-se em desacordo com a legislação nos meses em questão. No período avaliado, abril de 2024,

todos os locais apresentaram concentrações < 0,066 mg/L (Limite de Quantificação do Método) (Figura 3.41; Quadro 3.4). Considerando que a resolução CONAMA 357/2005, estabelece para águas de classe 2 concentrações inferiores a 0,18 mg/L, todos os locais estão em acordo com a legislação.

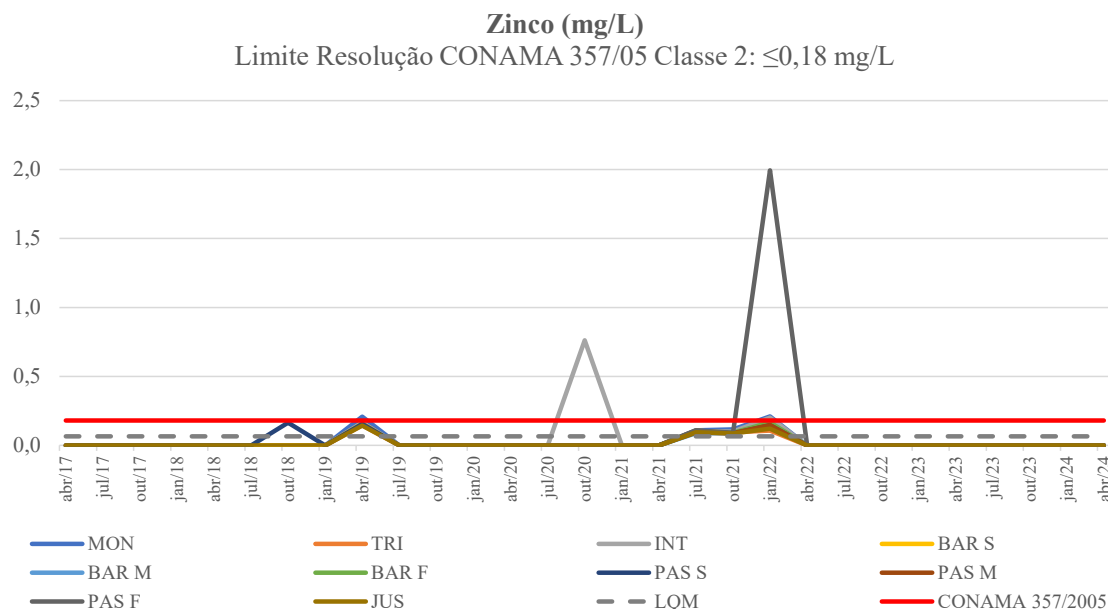


Figura 3.41 – Concentrações de zinco (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais (Cetesb, 2018).

Na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de fenóis oscilaram, entre abril de 2020 e abril de 2024, entre valores abaixo do limite de quantificação do método (< 0,002 mg/L) a 0,798 mg/L (TRI; janeiro/2021). No geral, praticamente todos os meses/locais apresentaram concentrações acima do limite permitido pela resolução CONAMA 357/2005, a qual determina como limite, valores $\leq 0,003$ mg/L (Figura 3.42). Ressalta-se que as análises de fenóis se iniciaram durante a fase de operação da UHE Tibagi Montante. Durante a amostragem de abril de 2024 as

concentrações de fenóis oscilaram entre o limite de quantificação do método (LQM = 0,002 mg/L) no local MON e 0,014 mg/L no local JUS (Figura 3.42; Quadro 3.4). Para este parâmetro, o local JUS ficou acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 0,003$ mg/L).

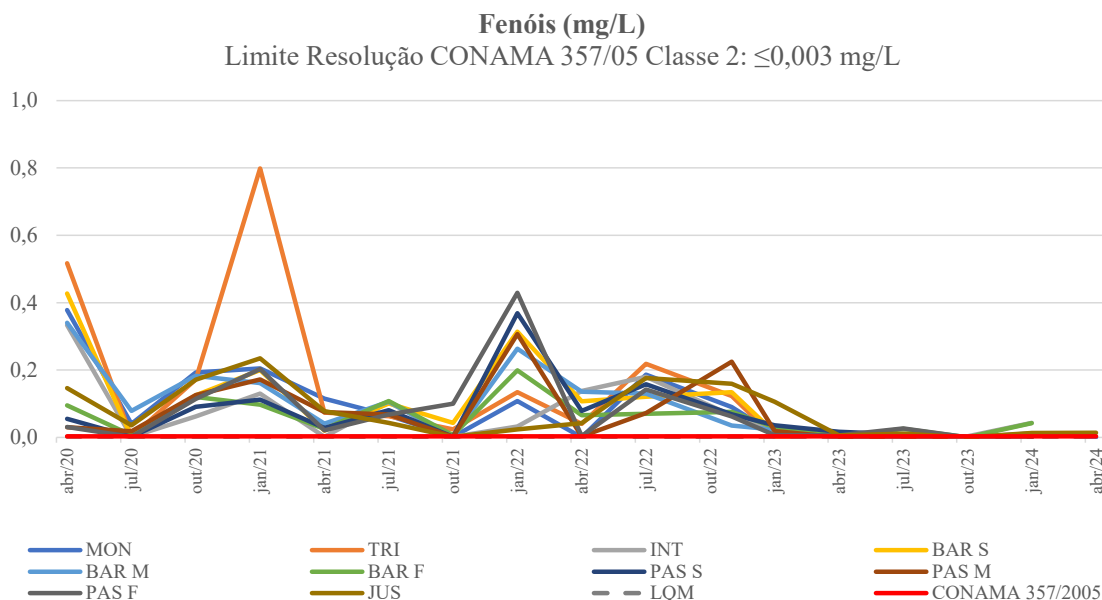


Figura 3.42 – Concentrações de fenóis (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Coliformes são os microrganismos capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente por *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrados na água que não tenha recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição (Cetesb, 2016).

Durante todas as fases de estudos, as maiores concentrações de *Escherichia coli* ocorreram nos locais PAS S e TRI no mês de abril/2017, PAS S em outubro/2018, TRI e INT em janeiro/2021, MON em abril/2023 e MON e TRI em julho/2023 (Figura

3.43). Dessa forma, estes meses/loais apresentaram concentrações de *Escherichia coli*; coliformes fecais acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, que define concentrações menores que 1.000 NMP/100 mL para águas de classe 2.

Durante o mês de abril de 2024, as concentrações de *Escherichia coli* ficou acima do estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 (1.000 NMP/100mL) para águas de classe 2, no local MON (14.136 NMP/100mL), já nos demais locais as concentrações oscilaram entre valores abaixo do LQM (1,00 NMP/100mL) no local BAR S e 41 NMP/100mL no local PAS S (Figura 3.43; Quadro 3.4).

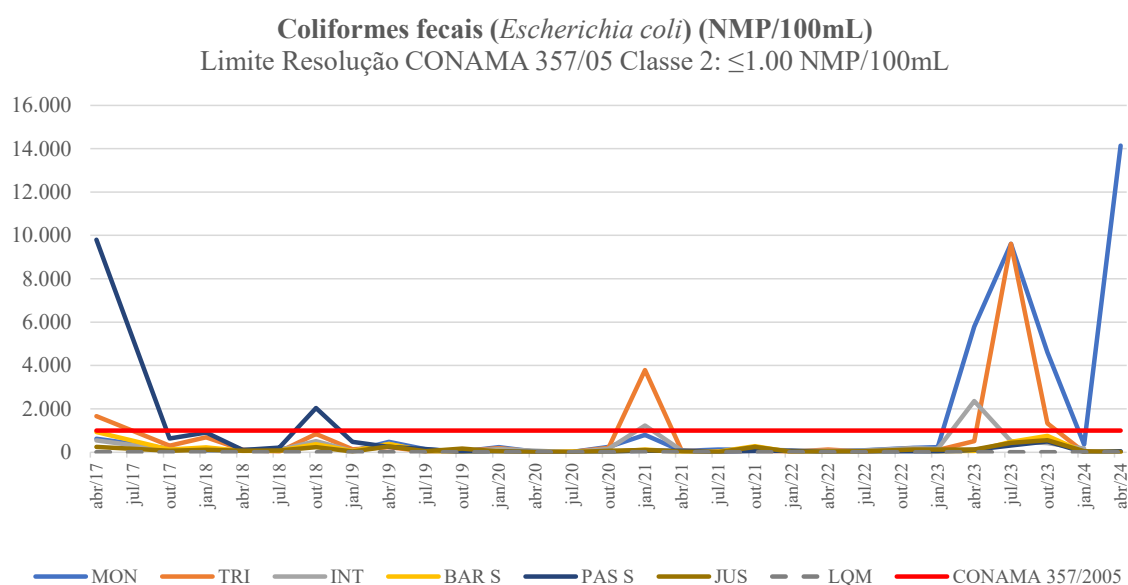


Figura 3.43 – Concentrações de coliformes fecais – *Escherichia coli* - (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os coliformes termotolerantes não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecais tão apropriados quanto *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água. Além disso, na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada ao abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (Cetesb, 2016).

Com relação aos coliformes totais (Figura 3.44), as maiores concentrações, considerando todo o período de estudo na área de influência da UHE Tibagi Montante,

foram registradas nos meses janeiro/2020, abril/2017, outubro/18; janeiro e outubro/2019, janeiro/2018, abril, julho e outubro de 2023 (24.196 NMP/100mL). A resolução CONAMA 357/2005, não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

Durante o mês de abril de 2024, as concentrações de coliformes totais oscilaram entre 5.172 NMP/100mL no local BAR S e 24.196 NMP/100mL nos locais MON e PAS S. Como citado anteriormente, a resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

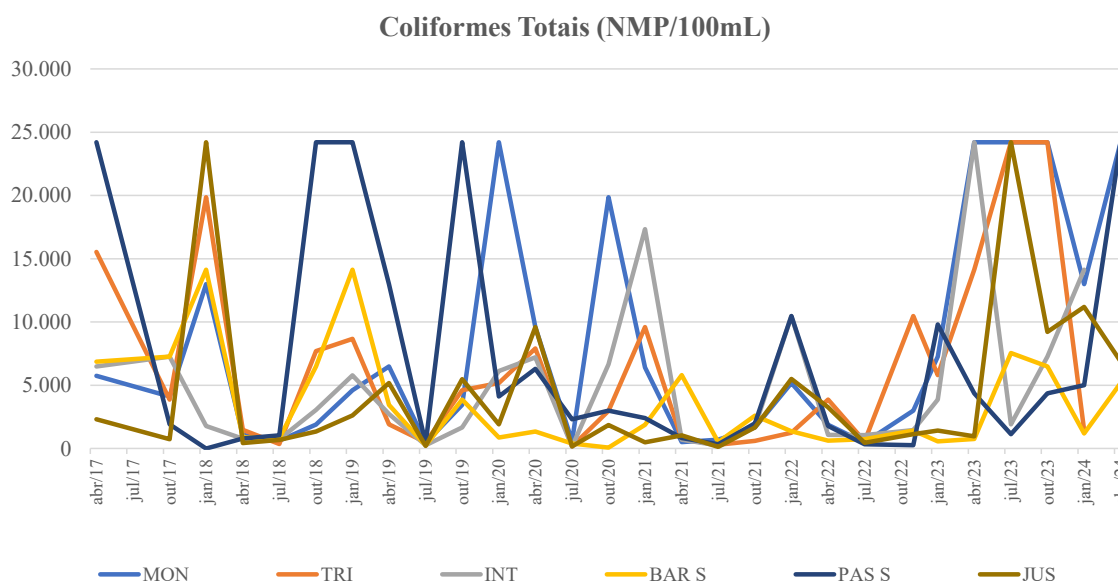


Figura 3.44 – Concentrações de coliformes totais (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Com relação ao índice de qualidade da água ao longo dos estudos, a melhor classificação foi registrada durante o mês abril/2020 no local JUS (92) sendo este classificado como de ótima qualidade, já a pior classificação ocorreu no mês de outubro/2018 no local PAS S (19) sendo classificado como ruim (Figura 3.45). No geral, a média de todas as amostragens, classificou o trecho de influência da UHE Tibagi Montante como de boa qualidade (média 70).

Em relação ao IQAR (índice de qualidade de água de reservatório), os locais BAR S e PAS S foram classificados, de acordo com a média de todas as amostragens, como de classe III – Moderadamente degradado (IQAR = 3,02), sendo a melhor

classificação registrada no mês de abril/2023 no local BAR S (Classe II; 1,81), enquanto a pior classificação foi registrada para este mesmo local no mês de abril/2021 (Classe IV; 4,04) (Figura 3.46).

Já para o índice de estado trófico, a média de todas as amostragens (54), classificou o ambiente como um todo em Mesotrófico, sendo a pior classificação ocorrida no mês de abril/2017 no local PAS S (Supereutrófico; 66) e a melhor nos locais TRI, PAS S e JUS em outubro/2017, BAR S em janeiro/2018 e PAS S em abril/2018 (Ultraoligotrófico; 43) (Figura 3.47).

Considerando os índices de qualidade da água, calculados em abril de 2024, para os trechos lóticos, classificou todos os locais como de boa qualidade (IQA médio = 60), já o índice de qualidade da água para reservatórios classificou todos os locais como de classe IV (IQAR médio = 3,78; ambiente criticamente degradado), enquanto que o índice de estado trófico classificou o ambiente como Eutrófico (IET médio = 62; corpos d'água com alta produtividade, afetado por atividades antrópicas, com alterações indesejáveis na qualidade da água) (Quadro 3.4).

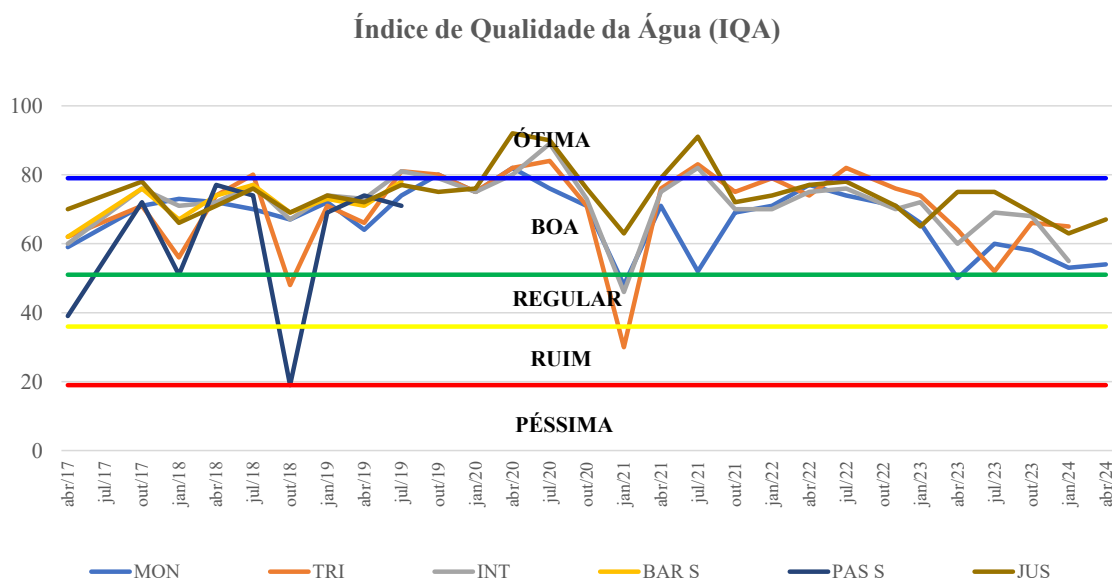


Figura 3.45 – Índice de qualidade da água (IQA) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Índice de Qualidade da Água de Reservatório (IQAR)

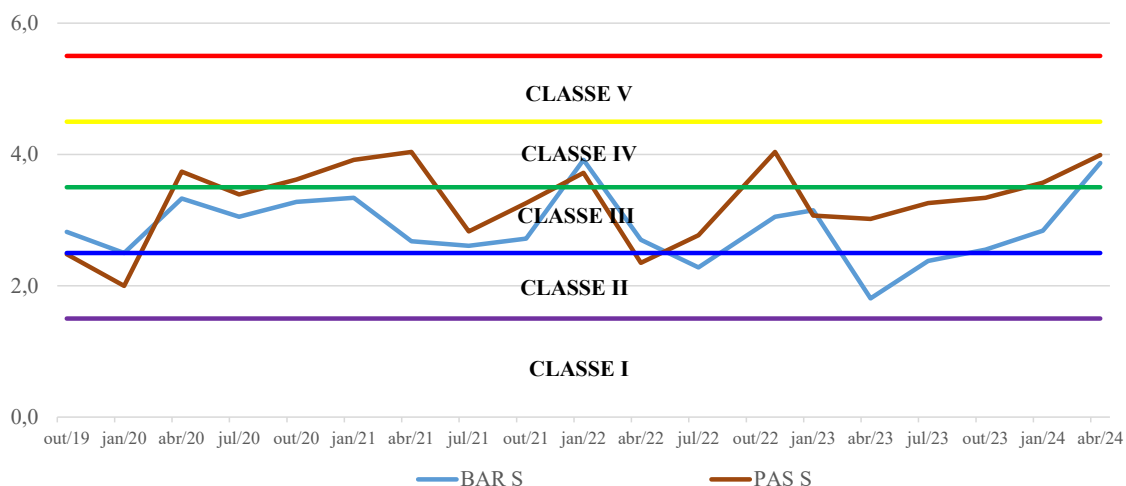


Figura 3.46 – Índice de qualidade da água de reservatórios (IQAR) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Índice de Estado Trófico (IET)

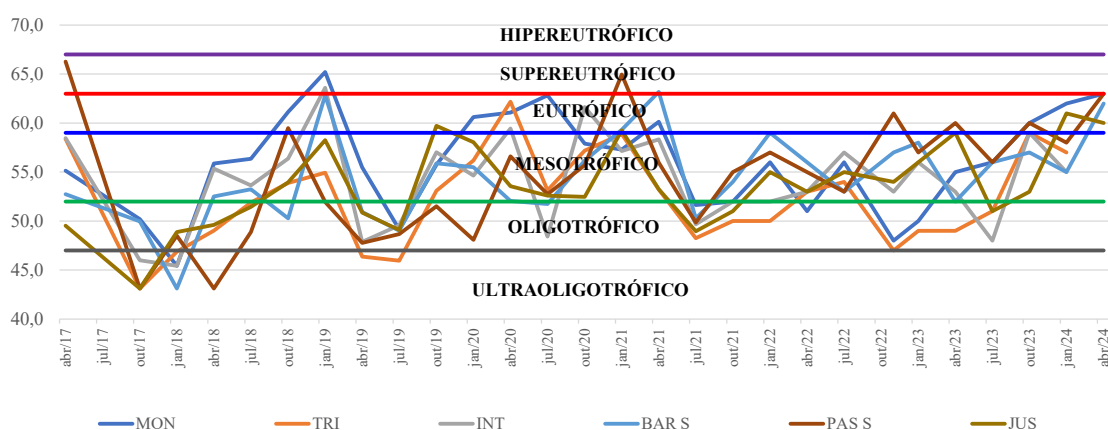


Figura 3.47 – Índice de estado trófico (IET) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (Outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Séries Históricas do Monitoramento da UHE Tibagi Montante

Quadro 3.1 – Série histórica do Índice do Estado Trófico (IET) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 à Outono de 2024.

Locais	Pré-Construção		Construção								Operação																	
	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024	
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
MON	54	72	47	56	56	61	65	68	49	46	51	51	63	58	57	60	50	52	56	51	56	48	50	55	56	60	62	63
TRI	57	72	49	53	53	63	55	57	46	43	46	62	63	57	58	53	52	50	50	53	57	47	49	49	51	59	57	-
INT	58	79	46	55	55	56	64	63	50	46	45	49	48	62	57	58	49	52	52	56	53	53	56	53	48	59	55	-
BAR	52	78	45	55	55	55	63	63	49	47	55	52	52	58	59	63	50	54	59	53	55	57	58	52	56	57	55	62
PAS	65	73	49	43	43	74	59	61	52	51	48	57	53	59	65	56	50	55	57	53	54	61	57	60	56	60	58	63
JUS	49	80	49	54	54	54	58	63	49	56	48	43	52	52	59	53	49	51	55	55	53	54	56	59	51	53	61	60
UHE Tibagi Montante	56	76	48	53	53	61	61	63	49	48	49	52	55	58	59	57	50	51	55	53	54	53	54	54	53	58	58	62

Ultraoligotrófico	
Oligotrófico	
Mesotrófico	
Eutrófico	
Supereutrófico	
Hipereutrófico	

Quadro 3.2 – Série histórica do Índice da Qualidade da Água (IQA) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 à Outono de 2024.

	Pré-Construção		Construção								Operação																	
Pontos	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024	
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
MON	59	71	73	72	70	67	72	64	74	80	75	82	76	71	48	71	52	69	71	77	74	71	66	50	60	58	53	54
TRI	62	71	56	74	80	48	71	66	81	80	75	82	84	71	30	76	83	75	79	75	76	76	74	64	52	66	65	-
INT	60	76	71	72	77	67	74	73	81	79	75	80	89	73	46	75	82	70	70	77	78	70	72	60	69	68	55	-
BAR	62	76	67	74	77	69	73	71	71	88	75	92	81	89	65	70	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAS	39	72	51	77	74	19	69	74	78	89	73	76	92	84	70	75	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUS	70	78	66	71	76	69	74	72	77	75	76	92	90	76	63	79	91	72	74	74	82	71	65	75	75	69	63	67

IQA	Classificação
79 < IQA ≤ 100	Ótima
51 < IQA ≤ 79	Bou
36 < IQA ≤ 51	Regular
19 < IQA ≤ 36	Ruim
IQA ≤ 19	Péssima

Quadro 3.3 – Série histórica do Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir da primavera de 2020 à Outono de 2024.

Operação																			
Pontos		2020				2021				2022				2023				2024	
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
BAR	2,8	2,5	3,3	3,1	3,3	3,3	2,7	2,6	2,7	3,9	2,8	2,3	3,1	3,2	1,8	2,4	2,6	2,8	3,9
PAS	2,5	2,0	3,7	3,4	3,6	3,9	4,0	2,8	3,3	3,7	2,7	2,8	4,0	3,1	3,0	3,3	3,3	3,6	4,0

Classe	IQAR	Classificação
I	0-1,5	não impactado a muito pouco degradado
II	1,6-2,5	pouco degradado
III	2,6-3,5	moderadamente degradado
IV	3,6-4,5	criticamente degradado a poluído
V	4,6-5,5	muito poluído
VI	>5,6	extremamente poluído

3.3 Considerações Finais

De maneira geral, os resultados dessa campanha mostram que a maioria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, para corpos de água da classe 2 (Quadro 3.4), exceção feita para o Oxigênio dissolvido nos locais BAR M, BAR F, PAS S, PAS M e PAS F; cor aparente nos locais MON e JUS; fenóis no local JUS; fósforo total em todos os locais; óleos e graxas nos locais MON e JUS e *Escherichia coli* no local MON.

Destaca-se que embora tenha ocorrido um pequeno déficit de oxigênio dissolvido nos locais do braço do Passatempo e nos locais BAR M e BAR F, esta condição não foi prejudicial aos organismos aquáticos, considerando a ausência de peixes debilitados.

As altas concentrações registradas de cor total, fósforo total, óleos e graxas e *E. coli* podem estar relacionadas diretamente com o acumulado de chuvas antecedentes a amostragem e que atingiram a região que compreende a bacia hidrográfica do rio Tibagi, acarretando assim em um carreamento de matéria orgânica, das margens para o corpo hídrico, aumentando a concentração de alguns parâmetros físicos e químicos da água, além de metais pesados utilizados normalmente em indústrias.

De todo modo, elevados valores de Cor, Fósforo Total e fenóis são historicamente registrados na bacia do Rio Tibagi (Figuras 3.13; 3.14 e 3.42, respectivamente). A Avaliação Ambiental Integrada (2012) publicada pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que fez coletas nos anos de 2008 e 2009 no rio Tibagi, já apontava valores acima da CONAMA 357/05 para esses três parâmetros, ou seja, muito antes da formação do reservatório da UHE Tibagi Montante, ainda o IAT, em recente publicação sobre a qualidade de água do rio Tibagi (IAT, 2023), com dados coletados em toda a bacia entre os anos de 2016 a 2023 aponta o registro de fósforo acima do preconizado pela CONAMA 357/05, em diversos pontos e em anos distintos, o que reforça a ideia que as elevadas concentrações registradas são provenientes de fontes difusas na bacia, externas ao reservatório.

No Programa de Monitoramento da Qualidade de Água da UHE Tibagi Montante, também é verificado historicamente valores elevados para Cor e Fósforo Total, antes do enchimento do reservatório. Portanto, pode-se afirmar que as maiores concentrações desse parâmetro encontradas nessa campanha, não são consequência da

formação do reservatório, mas sim de fatores externos difusos e recorrentes na bacia do Rio Tibagi.

A presença de óleos e graxas na área de influência da UHE Tibagi Montante (Figuras 3.42) não pode ser atribuída à formação do reservatório, visto que as concentrações desses compostos acima do limite permitido pela legislação, certamente são devido à descarga de efluentes industriais e domésticos, provenientes das cidades, como por exemplo, Ponta Grossa, bem como da hidrólise e da oxidação fotoquímica dos agrotóxicos organofosforados e da degradação microbiana de herbicidas. Além disso, no rio Tibagi há o registro desse elemento antes da formação do reservatório da UHE Tibagi Montante, como descrito por LACTEC (2012) que faz o registro de óleos e graxas no rio Tibagi a jusante da cidade de Telêmaco Borba e da indústria Kablin Papel & Celulose, o que reforça a afirmação acima, qual seja, que a formação de reservatórios artificiais não produz esses compostos. O elevado valor de *E. coli* no local MON sugere o carreamento de dejetos animais e/ou humanos no corpo hídrico, o que influencia diretamente nesse parâmetro.

De acordo com o valor médio do índice de qualidade da água de reservatório (IQAR=3,78) o ambiente foi caracterizado como um ambiente “Criticamente degradado – classe IV”, caindo assim a classificação da qualidade da água do reservatório em comparação com o mês anterior (verão de 2023). Essa modificação de classe do IQAR nesta coleta para a “classe IV”, pode estar relacionado ao baixo déficit de oxigênio dissolvido nos locais PAS e BAR e no aumento nos valores de DQO. Vale a pena ressaltar, que o IQAR somente começou a ser monitorado após a formação do reservatório e, onde são coletadas amostras de superfície, meio e fundo, o que permite a aplicação do método, tal como indicado pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP (atual Instituto Água e Terra – IAT) que desenvolveu este método para verificar a degradação da qualidade da água dos reservatórios.

De todo modo, analisando o histórico dos resultados, é perceptível que o índice IQAR está intimamente ligado a algumas variáveis como fósforo total, clorofila-*a*, DQO, nitrogênio inorgânico total, número de células de cianobactérias e déficit de oxigênio dissolvido, ou seja, quanto maior a concentração de algumas dessas variáveis, maior o índice IQAR observado. As altas concentrações de algumas dessas variáveis, indicam que a qualidade de água do reservatório está ligada a fatores externos da bacia, como a poluição difusa, advinda das diversas atividades agrosilvopastoris, esgoto urbano e atividades indústrias.

Diferentemente do IQAR, o IQA é coletado desde antes da formação do reservatório, sendo que, nessa campanha o ponto a montante (MON) e a jusante (JUS) do reservatório, foram classificados, segundo o IQA médio, como de Qualidade Boa, mesma classificação feita pelo IAT (2023), para a maioria dos pontos do rio Tibagi, inclusive pontos amostrais próximo a área de influência da UHE Tibagi Montante. Tal resultado é semelhante ao verificado antes da formação do reservatório, sendo possível afirmar que para esse índice, não se observa grandes diferenças entre o período pré e pós enchimento do reservatório da UHE Tibagi Montante.

Já o índice de estado trófico médio (IET=62) classifica o trecho como Eutrófico, portanto, corpo d'água com alta produtividade, afetado por atividades antrópicas, com alterações indesejáveis na qualidade da água. Historicamente, conforme observado nesse monitoramento, a classificação do estado trófico durante a fase operação (pós enchimento) sempre variou entre mesotrófico e oligotrófico, sendo a primeira vez registrado o ambiente como eutrófico, devido altas concentrações de fósforo total em todos locais amostrados e um aumento na concentração de clorofila – *a* nos locais BAR e PAS em relação as coletas anteriores. Vale lembrar, que o IET é o resultado dependente da quantidade de fósforo e clorofila-*a* observados na bacia, ou seja, quanto maior descarga de fósforo e produtividade primária vindas de atividades externas ao reservatório, maior o índice IET verificado.

Por fim, analisando os resultados apresentados até o momento, com os anteriormente coletados pelo programa, somando aos fatos de que o tempo de residência da água é de 3,6 dias, de que o reservatório está inserido numa região de intensas atividades agrosilvopastoris, de que a montante do reservatório fica a cidade de Ponta Grossa, quarto maior município do Paraná e que a operação do empreendimento é a fio d'água, percebe-se que a qualidade de água do reservatório da UHE Tibagi Montante é dependente da qualidade de água que entra, sendo que o reservatório está atuando como um filtro de nutrientes, entregando a jusante, uma água com igual ou menor carga de nutrientes daquela existente no reservatório e a montante.

Quadro 3.4 – Valor das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi, no Outono de 2024. Os valores em vermelho encontram-se acima ou abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2; (NMP) Número mais provável; (Nm) Não mencionado; não detectado (ND).

Parâmetros	Locais de Amostragem									CONAMA 357/2005
	MON	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Alcalinidade Total (mg/L)	20,74	21,95	21,95	17,52	21,15	21,95	19,94	20,34	23,06	Nm
Alumínio Total (mg/L)	1,886	0,744	0,456	1,105	2,083	0,911	0,165	0,09	0,715	Nm
Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	≤0,001
Cálcio (mg/L)	3,6	-	-	-	-	-	-	-	3,76	Nm
Chumbo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,01
Cloretos (mg/L)	5,12	-	-	-	-	-	-	-	4,92	≤250,0
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	5,29	16,34	13,94	-	-	20,19	-	-	3,04	≤30,0
Cobre Total (mg/L)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	Nm
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	14.136	9.208	< 1,00	-	-	41	-	-	10	<1.000
Coliformes Totais (NMP/100mL)	24.196	24.196	5.172	-	-	24.196	-	-	6.876	Nm
Condutividade Elétrica (µS/cm)	72,5	67	71,2	61,5	62,8	54,3	49,7	49,75	73,9	Nm
Cor Aparente (UC)	273,2	-	-	-	-	-	-	-	103,28	≤75
Cromo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,05
DBO (mg/L)	2,5	2,22	1,94	2,72	2,56	3,22	2,68	2,06	1,86	≤5,0
DQO (mg/L)	6,78	15,79	16,6	14,66	17,55	18,38	20,25	18,62	15,33	Nm
Dureza total (mg/L)	19,58	-	-	-	-	-	-	-	23,46	Nm
Fenóis (mg/L)	< 0,002	-	-	-	-	-	-	-	0,014	≤0,003
Ferro Total (mg/L)	1,62	-	-	-	-	-	-	-	0,91	Nm
Fósforo Total (mg/L)	0,226	0,154	0,139	0,148	0,16	0,127	0,134	0,202	0,145	≤0,10 (rio) ≤0,05 (reservatório)
Magnésio (mg/L)	2,58	-	-	-	-	-	-	-	3,42	Nm
Mercurio Total (mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	≤0,0002
Níquel Total (mg/L)	0,009	0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,009	0,008	≤0,025

Parâmetros	Locais de Amostragem									CONAMA 357/2005
	MON	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Nitrato (mg/L)	5,1	2,37	2,94	3,97	4,38	2,45	3,77	3,48	5,25	≤10,0
Nitrito (mg/L)	0,099	0,073	0,105	0,154	0,136	0,016	0,018	0,018	0,192	≤1,0
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	< 0,009	0,012	< 0,009	0,075	0,123	0,233	0,258	0,279	0,081	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	1,06	1,29	0,56	0,53	0,59	0,73	1,04	1,14	1,09	Nm
Óleos e Graxas (mg/L)	17,4	-	-	-	-	-	-	-	20,4	Ausentes
Fosfato/Ortofosfato (mg/L)	0,022	< 0,001	0,008	0,013	0,012	0,002	0,003	0,005	0,015	Nm
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,84	7,99	6,26	4,7	4,36	4,34	3,99	3,31	5,33	≥5,0
Oxigênio Dissolvido (%)	90,8	96,2	81,4	60,7	55,7	56,6	54	48,9	69	Nm
pH (-)	7,18	7,55	7,08	7,24	7,12	6,36	6,51	6,4	7,55	6,0-9,0
Sílica (mg/L)	17,068	-	-	-	-	-	-	-	14,62	Nm
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	18,4	3,8	4,6	6,2	9,6	4	4,2	4,5	4,9	≤500
Sólidos Totais (mg/L)	92,5	80	56,5	56,5	111,5	90	64	72,5	80,5	Nm
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	54	14	43	42,5	57	51	39	40,5	49,5	Nm
Sulfato (mg/L)	3,293	2,699	2,745	2,843	3,005	2,398	2,385	15,912	2,861	≤250
Temperatura da Água (oC)	22,7	24,6	24,3	23,9	23,8	24,5	24	23,9	24,1	Nm
Temperatura do Ar (oC)	26	28	21	-	-	20	-	-	21	Nm
Transparência (m)	0,4	0,8	1,1	-	-	1,2	-	-	0,7	Nm
Turbidez (NTU)	37,3	7,51	7,55	17,2	36,7	7,98	7,75	6,42	9,77	≤100
Zinco Total (mg/L)	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	≤0,18
IET	63	63	62	-	-	63	-	-	60	Nm
IQA	54	-	-	-	-	-	-	-	67	Nm
IQAR	-	3,48	3,87	-	-	3,99	-	-	-	Nm

4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Esta sessão apresenta os resultados obtidos para as coletas da comunidade fitoplanctônica realizadas no mês de abril de 2024 (Outono) na área de influência da UHE Tibagi Montante.

4.1 Metodologia

As amostragens quantitativas da comunidade fitoplanctônica foram realizadas na subsuperfície, utilizando-se o simples enchimento de frasco de vidro com capacidade de 100mL, sendo as amostras fixadas com solução de lugol acético. Paralelamente, para auxiliar nos estudos taxonômicos, foram filtrados 200 litros de água em rede de plâncton cônica com abertura de malha de 20 μm (Figura 4.1), sendo este material acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução Transeau (Bicudo & Menezes, 2006).



Figura 4.1 – Coleta da comunidade fitoplanctônica.

As amostras fixadas foram encaminhadas ao laboratório, onde as análises quantitativas foram realizadas com auxílio de microscópio invertido, utilizando-se câmara de sedimentação (Utermöhl, 1958), enquanto as análises taxonômicas foram realizadas com microscópio óptico, utilizando-se lâminas histológicas. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958), com prévia sedimentação da amostra, sendo o volume sedimentado estabelecido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos na amostra (5 ou 10mL) e o tempo de sedimentação

conforme a altura da câmara, sendo de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara.

As contagens foram realizadas aleatoriamente até a obtenção de 100 campos, sendo o erro inferior a 20%, a um coeficiente de confiança de 95% (Lund et al., 1958). Para a contagem das algas e cianobactérias, os indivíduos foram considerados na forma como ocorrem na natureza (células, cenóbios, colônias ou filamentos), sendo o resultado expresso em indivíduos por mililitro, utilizando-se a fórmula a seguir:

$$N = \frac{X \cdot A}{a \cdot v \cdot c}$$

Onde:

N = número de indivíduos por volume na amostra (ind./mL);

X = número de indivíduos contados na câmara de sedimentação;

A = área da câmara (490,88 mm);

a = área do campo de contagem (0,20 mm);

v = volume da amostra sedimentada na câmara (10 mL);

c = número de campos contados (100 campos).

A identificação dos táxons fitoplanctônicos foi realizada com auxílio de Bourrelly (1972), Bicudo & Bicudo (1970), Komárek & Fott (1983), Round et al. (1990), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), Bicudo & Menezes (2005, 2006), Franchescini et al. (2010), além de outros artigos científicos de descrição de espécies, e a classificação taxonômica segue o apresentado por Guiry & Guiry (2024).

A abundância (densidade) fitoplanctônica foi estimada de acordo com APHA (2017) e o resultado expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro. Como riqueza de espécies, considerou-se o número total de táxons presentes em cada amostra quantitativa. A densidade de células de cianobactérias foi estimada com base no número médio de células formadoras dos indivíduos, cenóbios ou colônias e expressa em células por mililitro.

Alguns atributos da comunidade fitoplanctônica foram determinados através dos seguintes índices ecológicos:

- Riqueza (S), determinada como o número de táxons identificados em nível de gênero ou espécie;
- Equitabilidade (E), calculada de acordo com a expressão:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Sendo:

H' = índice de diversidade de Shannon;

S = número de espécies.

- Índice de diversidade de Shannon, expresso pela equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) \times \ln p_i$$

Sendo:

s = número de espécies;

p_i = proporção do grupo i.

4.2 Resultados e Discussão

A comunidade fitoplancônica amostrada na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Outono de 2024 (abril), foi caracterizada qualitativamente pelo registro de 80 táxons distribuídos em 10 classes (Tabela 4.1). A classe mais representativa foi Chlorophyceae (29 táxons, 36,3%) e as demais classes registradas foram: Cyanophyceae (19 táxons; 23,8%); Bacillariophyceae (9 táxons; 11,3%); Cryptophyceae (8 táxons; 10,0%); Zygnematophyceae (5 táxons; 6,3%); Euglenophyceae (4 táxons; 5,0%); Coscinodiscophyceae e Trebouxiophyceae (2 táxons; 2,5%), e; Chrysophyceae e Mediophyceae (1 táxon; 1,2%, cada).

Tabela 4.1 – Riquezas registradas para a comunidade fitoplancônica coletada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante no Outono de 2024 (abril) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem			
		MON	BAR	JUS	PAS
CYANOBACTERIA					
Cyanophyceae	19	8	12	4	14
<i>Anabaena</i> sp.		X	X	X	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West			X		
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann					X
<i>Cronbergia</i> sp.		X	X		X

<i>Cuspidothrix</i> sp.		X	X	X	X
cf. <i>Cyanodictyon planctonicum</i>					X
cf. <i>Eucapsis</i> sp.			X		X
<i>Geitlerinema</i> sp.			X	X	X
<i>Geitlerinema</i> cf. <i>splendidum</i>		X			
<i>Komvophoron</i> sp.			X		X
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing					X
<i>Merismopedia</i> sp.					X
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>		X	X		X
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann			X		X
<i>Phormidium</i> sp.			X		
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg		X			X
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		X	X		
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek		X	X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> sp. 1					X
HETEROKONTOPHYTA					
Bacillariophyceae	9	4	2	6	3
<i>Amphipleura</i> sp.		X			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		X			
<i>Fragilaria longifusiformis</i> (Hains & Sebring) Siver et al.			X	X	X
<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot		X	X		X
<i>Gomphonema</i> sp.				X	
<i>Iconella</i> sp.				X	
<i>Navicula</i> sp.				X	
<i>Nitzschia</i> sp.		X		X	X
<i>Pinnularia</i> sp.				X	
Chrysophyceae	1		1		1
<i>Mallomonas</i> cf. <i>allorgei</i>			X		X
Coscinodiscophyceae	2	2	1	1	1
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen		X	X		X
<i>Melosira varians</i> Agardh		X		X	
Mediophyceae	1	1	1		1
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		X	X		X
CRYPTISTA					
Cryptophyceae	8	2	5	3	7
cf. <i>Chilomonas</i> sp.					X
<i>Chroomonas</i> sp.1			X	X	X
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>obovoidea</i>			X		
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>		X	X	X	X
<i>Cryptomonas</i> sp.1		X	X	X	X
cf. <i>Cyanomonas</i> sp.					X
cf. <i>Plagioselmis</i> sp.			X		X
cf. <i>Rhodomonas</i> sp.					X
CHAROPHYTA					
Zygnematophyceae	5	1	1		4
<i>Cosmarium</i> sp.					X
<i>Mougeotia</i> sp.		X	X		
<i>Staurostrum</i> cf. <i>tetracerum</i>					X
<i>Staurodesmus</i> cf. <i>dejectus</i>					X
<i>Xanthidium</i> sp.					X
CHLOROPHYTA					
Chlorophyceae	29	14	10	7	19
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda			X		
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					X
<i>Chlorogonium</i> sp.					X
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle		X			
<i>Coenochloris</i> sp.					X
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i> (Chod.) Hegew.		X	X		X

<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew.		X			
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) Hegewald		X			X
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald		X			X
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald					X
<i>Desmodesmus spinulatus</i> (Biswas) E.Hegewald		X			
<i>Dictyosphaerium</i> sp.			X	X	X
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.		X	X	X	X
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard				X	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová		X	X	X	X
<i>Monoraphidium flexuosum</i> Komárek					X
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová					X
<i>Monoraphidium indicum</i> Hindák					X
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.					X
<i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárková-Legnerová		X			
<i>Monoraphidium tortil</i> (West & G.S.West) Komárková-Legnerová		X	X	X	X
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat		X			X
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat		X			X
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald			X	X	X
<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg		X			
<i>Tetraëdron triangulare</i> Korshikov				X	
<i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg			X		
<i>Tetrallantos</i> sp.		X	X		
<i>Treubaria setigera</i> (W.Archer) G.M.Smith			X		X
Trebouxiophyceae	2	1	1	1	1
<i>Actinastrum</i> cf. <i>hantzschii</i>			X	X	X
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle		X			
EUGLENOPHYTA					
Euglenophyceae	4	1		1	2
<i>Euglena</i> cf. <i>caudata</i>		X			
<i>Euglena</i> sp.					X
<i>Trachelomonas</i> sp.				X	
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					X
RIQUEZA	80	35	33	21	53
Número de Classes	10	6	5	5	6

A análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica (Tabela 4.2) resultou em um total de 79 táxons representantes de 10 classes, com maior densidade média da classe Chlorophyceae (11.084,07 ind./mL), devido à elevada densidade desse grupo registrada no local PAS. Especialmente, os maiores valores de densidade foram registrados no local PAS (51.242,96 ind./mL), sendo que essa predominância das Chlorophyceae foi observada somente nesse local, enquanto nos demais locais de amostragem predominaram as Cyanophyceae.

Quanto à densidade de células de cianobactérias (Tabela 4.3), os maiores valores totais foram obtidos no PAS (178.263,07 cél./mL) e BAR (61.944,15 cél./mL), sendo esses valores superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para águas de classe 2, que é de 50.000 cél./mL, com maior contribuição do táxon *Geitlerinema* sp. Nos demais locais amostrados, as densidades foram inferiores ao limite legal.

Tabela 4.2 – Abundâncias (ind./mL) registradas para a comunidade fitoplanctônica coletada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante no Outono de 2024 (abril) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem				DENS. MÉD. (ind./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	
CYANOBACTERIA						
Cyanophyceae	19	196,35	2.056,79	292,07	6.297,99	2.210,80
<i>Anabaena</i> sp.		7,36	83,45	9,82		25,16
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>			4,91			1,23
<i>Chroococcus dispersus</i>					14,73	3,68
<i>Cronbergia</i> sp.		12,27	7,36		58,91	19,64
<i>Cuspidothrix</i> sp.		120,27	1.433,37	139,90	1.114,30	701,96
cf. <i>Cyanodictyon planctonicum</i>					4,91	1,23
cf. <i>Eucapsis</i> sp.			7,36		9,82	4,30
<i>Geitlerinema</i> sp.			338,71	95,72	4.113,57	1.137,00
<i>Geitlerinema</i> cf. <i>splendidum</i>		4,91				1,23
<i>Komvophoron</i> sp.			12,27		19,64	7,98
<i>Merismopedia glauca</i>					44,18	11,04
<i>Merismopedia</i> sp.					19,64	4,91
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>		17,18	39,27		58,91	28,84
<i>Merismopedia tenuissima</i>			76,09		4,91	20,25
<i>Phormidium</i> sp.			7,36			1,84
<i>Planktolyngbya limnetica</i>		4,91			603,78	152,17
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		2,45	12,27			3,68
<i>Pseudanabaena limnetica</i>		27,00	34,36	46,63	68,72	44,18
<i>Pseudanabaena</i> sp. 1					161,99	40,50
HETEROKONTOPHYTA						
Bacillariophyceae	9	44,18	54,00	19,64	338,71	114,13
<i>Amphipleura</i> sp.		4,91				1,23
<i>Cocconeis placentula</i>						
<i>Fragilaria longifusiformis</i>			29,45	7,36	147,26	46,02
<i>Fragilaria tenera</i>		36,82	24,54		191,44	63,20
<i>Gomphonema</i> sp.						
<i>Iconella</i> sp.						
<i>Navicula</i> sp.				4,91		1,23
<i>Nitzschia</i> sp.		2,45		4,91		1,84
<i>Pinnularia</i> sp.				2,45		0,61
Chrysophyceae	1		2,45		14,73	4,30
<i>Mallomonas</i> cf. <i>allorgei</i>			2,45		14,73	4,30
Coscinodiscophyceae	1	4,91	9,82		44,18	14,73
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>		4,91	9,82		44,18	14,73
Mediophyceae	1	17,18	46,63		39,27	25,77
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		17,18	46,63		39,27	25,77
CRYPTISTA						
Cryptophyceae	8	29,45	142,36	34,36	328,89	133,76
cf. <i>Chilomonas</i> sp.					24,54	6,14
<i>Chroomonas</i> sp.1			90,81	22,09	88,36	50,32
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>obovoidea</i>			12,27			3,07
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>		7,36	7,36	4,91	24,54	11,04
<i>Cryptomonas</i> sp.1		22,09	17,18	7,36	29,45	19,02
cf. <i>Cyanomonas</i> sp.					122,72	30,68
cf. <i>Plagioselmis</i> sp.			14,73		4,91	4,91
cf. <i>Rhodomonas</i> sp.					34,36	8,59
CHAROPHYTA						
Zygnematophyceae	5	54,00	12,27		93,27	39,88
<i>Cosmarium</i> sp.					4,91	1,23
<i>Mougeotia</i> sp.		54,00	12,27			16,57
<i>Staurostrum</i> cf. <i>tetracerum</i>					4,91	1,23
<i>Staurodesmus</i> cf. <i>dejectus</i>					9,82	2,45
<i>Xanthidium</i> sp.					73,63	18,41
CHLOROPHYTA						
Chlorophyceae	29	58,91	184,08	41,72	44.051,57	11.084,07

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem				DENS. MÉD. (ind./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>			7,36			1,84
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					68,72	17,18
<i>Chlorogonium</i> sp.					4,91	1,23
<i>Coelastrum pulchrum</i>		2,45				0,61
<i>Coenochloris</i> sp.					9,82	2,45
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i>		2,45	4,91		54,00	15,34
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i>		9,82				2,45
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>		4,91			9,82	3,68
<i>Desmodesmus denticulatus</i>		4,91			4,91	2,45
<i>Desmodesmus spinosus</i>					9,82	2,45
<i>Desmodesmus spinulatus</i>		2,45				0,61
<i>Dictyosphaerium</i> sp.			51,54	4,91	44,18	25,16
<i>Monoraphidium arcuatum</i>		2,45	4,91	7,36	49,09	15,95
<i>Monoraphidium circinale</i>				14,73		3,68
<i>Monoraphidium contortum</i>		4,91	90,81	4,91	41.906,43	10.501,76
<i>Monoraphidium flexuosum</i>					4,91	1,23
<i>Monoraphidium griffithii</i>					14,73	3,68
<i>Monoraphidium indicum</i>					4,91	1,23
<i>Monoraphidium minutum</i>					4,91	1,23
<i>Monoraphidium pusillum</i>		2,45				0,61
<i>Monoraphidium tortile</i>		7,36	2,45	4,91	1.811,35	456,52
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		2,45			29,45	7,98
<i>Scenedesmus ecornis</i>		2,45			9,82	3,07
<i>Stauridium tetras</i>			4,91	2,45	4,91	3,07
<i>Tetraëdron minimum</i>		7,36				1,84
<i>Tetraëdron triangulare</i>				2,45		0,61
<i>Tetraëdron trigonum</i>			2,45			0,61
<i>Tetrallantos</i> sp.		2,45	12,27			3,68
<i>Treubaria setigera</i>			2,45		4,91	1,84
Trebouxiophyceae	2	2,45	17,18	2,45	9,82	7,98
<i>Actinastrum</i> cf. <i>hantzschii</i>			17,18	2,45	9,82	7,36
<i>Crucigenia fenestrata</i>		2,45				0,61
EUGLENOPHYTA						
Euglenophyceae	4	2,45		2,45	24,54	7,36
<i>Euglena</i> cf. <i>caudata</i>		2,45				0,61
<i>Euglena</i> sp.					4,91	1,23
<i>Trachelomonas</i> sp.				2,45		0,61
<i>Trachelomonas volvocina</i>					19,64	4,91
DENSIDADE TOTAL		409,88	2.525,58	392,70	51.242,96	
RIQUEZA	79	32	34	20	52	
Número de Classes	10	9	9	6	10	

Tabela 4.3 – Densidades de células de cianobactérias (cél./mL) registradas nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante, no Outono de 2024 (abril) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem				DENS. MÉD. (cél./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	
CYANOBACTERIA						
Cyanophyceae	19	6.592,52	61.944,15	9.984,50	178.263,07	64.196,06
<i>Anabaena</i> sp.		88,36	1.585,54	117,81		447,93
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>			176,72			44,18
<i>Chroococcus dispersus</i>					265,08	66,27
<i>Cronbergia</i> sp.		441,79	265,08		1.884,98	647,96
<i>Cuspidothrix</i> sp.		3.607,97	50.167,94	4.197,02	16.714,46	18.671,85
cf. <i>Cyanodictyon planctonicum</i>					589,06	147,26
cf. <i>Eucapsis</i> sp.			58,91		39,27	24,54
<i>Geitlerinema</i> sp.			6.774,14	2.871,65	131.634,38	35.320,04
<i>Geitlerinema</i> cf. <i>splendidum</i>		147,26				36,82
<i>Komvophoron</i> sp.			61,36		58,91	30,07
<i>Merismopedia glauca</i>					706,87	176,72

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem				DENS. MÉD. (cél./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	
<i>Merismopedia</i> sp.					314,16	78,54
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>		274,89	628,33		942,49	461,43
<i>Merismopedia tenuissima</i>			1.217,38		78,54	323,98
<i>Phormidium</i> sp.			125,17			31,29
<i>Planktolyngbya limnetica</i>		382,89			18.113,47	4.624,09
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		29,45	368,16			99,40
<i>Pseudanabaena limnetica</i>		1.619,90	515,42	2.798,02	2.061,70	1.748,76
<i>Pseudanabaena</i> sp. 1					4.859,71	1.214,93

A análise de atributos da comunidade fitoplanctônica nos locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante no Outono de 2024 (abril) (Figura 4.2) mostrou que o maior valor de riqueza foi obtido para o local PAS ($S = 52$) e o menor para JUS ($S = 20$); os maiores valores de equitabilidade e diversidade foram obtidos para MON ($E = 0,77$; $H' = 2,67$), enquanto os menores valores desses atributos foram obtidos para PAS ($E = 0,21$; $H' = 0,84$), sendo esses resultados decorrentes da elevada densidade registrada para a alga verde *Monoraphidium contortum*.

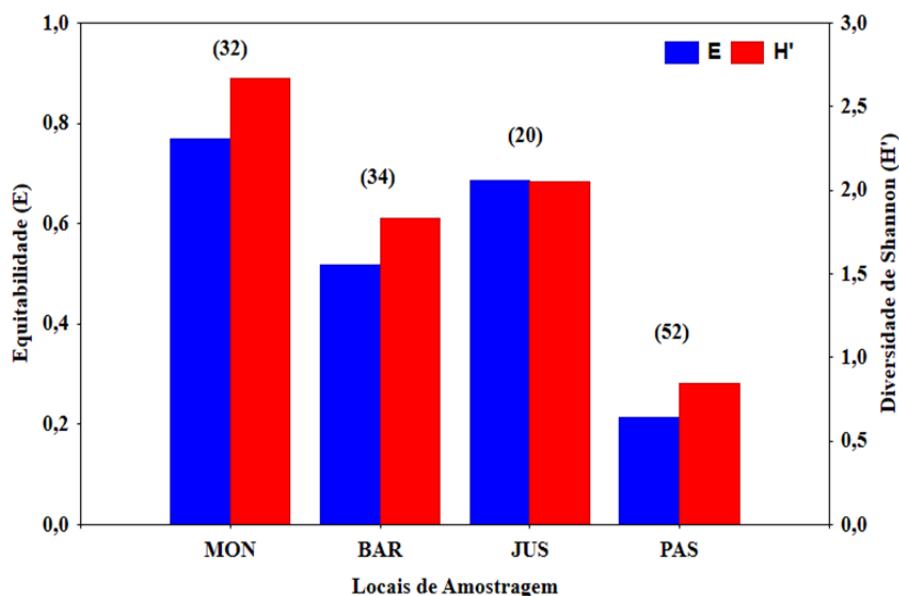


Figura 4.2 – Riqueza (valor entre parênteses), equitabilidade (E) e diversidade de Shannon (H') da comunidade fitoplanctônica registrada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante no Outono de 2024 (abril).

4.3 Considerações Finais

O monitoramento de fitoplâncton realizado na área de influência da UHE Tibagi Montante no Outono de 2024 (abril) mostrou que o número de táxons registrados

(79) nas análises quantitativas foi inferior ao verificado em janeiro de 2024 e superior a todos os registros do ano de 2023, expressando a dinâmica temporal característica dessa comunidade.

A abundância (densidade) das espécies fitoplanctônicas na área de influência da UHE Tibagi Montante, de maneira geral, não tem apresentado valores elevados, demonstrando o baixo potencial de desenvolvimento dessa comunidade. Desse modo, considerando-se a reduzida abundância do fitoplâncton, a boa qualidade da água superficial, a área do reservatório (6,8 km²), a disponibilidade de nutrientes (mesotrófico), o tipo de operação (fio d'água) e o tempo de residência (3,6 dias) da água do reservatório da UHE Tibagi Montante, a possibilidade de eutrofização é praticamente nula, pois a alta circulação da água inviabiliza o acúmulo de nutrientes. De acordo com Cruz & Fabrizy (1995) e Ramirez (1996), para haver o crescimento significativo do fitoplâncton em reservatório, é necessário um tempo de residência de 2 a 3 semanas (14 a 21 dias), portanto, o tempo de residência (3,6 dias) do reservatório da UHE Tibagi Montante atuará negativamente sobre as assembleias fitoplanctônicas, contribuindo para uma baixa densidade e biomassa.

As densidades de células de cianobactérias registradas na área de influência da UHE Tibagi Montante no período a que se refere este relatório (Outono de 2024) mostraram-se superiores ao limite estabelecido pela Resolução n.º 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), que é de 50.000 cél./mL, nos locais PAS, condição que vem sendo verificada desde abril de 2023, e BAR. Analisando-se o histórico de registros das densidades de células desse grupo fitoplanctônico (Figura 4.3), verifica-se que, em geral, essas densidades têm se mantido abaixo do limite legal, contudo, no local PAS, na fase de pós-enchimento, ocorreram desvios desse limite nos meses de janeiro de 2021; abril e outubro de 2022; abril, julho e novembro de 2023, e; abril de 2024. Ressalta-se que na sub-bacia do Rio Passatempo as atividades de pecuária de leite e suinocultura podem contribuir com aporte de nutrientes, principalmente fósforo, que enriquecem o meio aquático e favorecem o maior desenvolvimento do fitoplâncton, o que parece estar especialmente contribuindo para a proliferação de cianobactérias filamentosas, e ainda, o clima atípico que a região Sul do Brasil enfrenta, com altas temperaturas e uma maior intensidade luminosa, auxiliam no aumento da reprodução do fitoplâncton em geral.

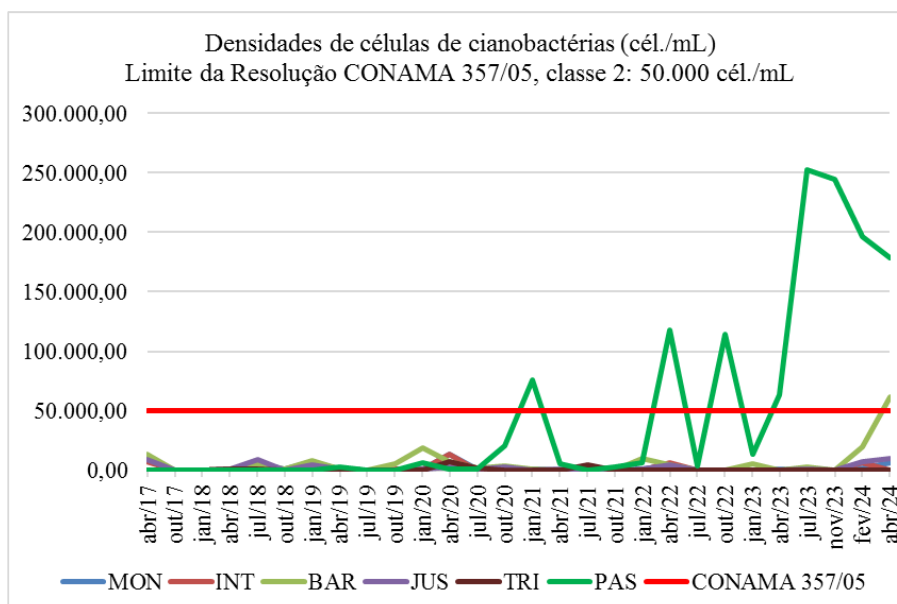


Figura 4.3 – Histórico das densidades de células de cianobactérias (cél./mL) registradas nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante nos períodos pré (abril de 2017 a julho de 2019) e pós-represamento (outubro de 2019 a abril de 2024) (MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo).

As algas fitoplanctônicas apresentam pequeno tamanho e curto tempo de geração de suas populações, assim, como consequência, seus padrões sucessionais são altamente dinâmicos, tornando-se um excelente modelo da dinâmica ambiental, portanto, é necessário o entendimento dos fatores que regulam essa variabilidade, sejam eles naturais ou antropogênicos, permitindo ações mais eficientes das estratégias de manejo e conservação da biodiversidade. Desta forma, é importante a continuidade do monitoramento na área de influência deste empreendimento, em função de se conhecer a diversidade fitoplanctônica local e regional e a influência da dinâmica sazonal sobre essa comunidade. A variabilidade espacial e temporal da diversidade de espécies ilustra a importância da frequência de amostragem para o entendimento dos sistemas ecológicos, assim como para a preservação e conservação da biodiversidade local e regional.

5. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

5.1 Metodologia

Para as coletas do zooplâncton foram filtrados 200 litros de água em uma rede de plâncton cônica com abertura de malha 68 μm (Figura 5.1), o material coletado foi acondicionado em frasco de polietileno (250 mL) devidamente etiquetado e fixado em solução de formaldeído 4,0%, adicionado corante Rosa de Bengala (1g/L) e tamponado com Bicarbonato de Sódio (5g/L) (Schaden, 1985). Destaca-se que este procedimento encontra respaldo na Resolução ANA n°. 724/2011, principalmente no que concerne ao tamanho da malha, forma de coleta (filtração) e quantificação, e o laboratório segue os padrões estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. Devido a isso o INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras, segundo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24^a edição (Apha, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes da PLZ-01-Procedimento de Amostragem de Zooplâncton (formulário próprio), que detalha o plano de amostragem para coleta de zooplâncton.



Figura 5.1 - Procedimento de filtragem para a coleta de zooplâncton, amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Outono de 2024.

A avaliação da comunidade zooplânctônica foi realizada no Laboratório de Zooplâncton do INEO/GERPEL da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus de Toledo, com auxílio de câmara de Sedgewick-Rafter, sob microscópio óptico (Olympus CX 41) em uma faixa de ampliação de 10x a 100x (Figura 5.2). Alíquotas para contagem foram removidas de uma amostra com um volume padronizado (50 mL),

usando uma micropipeta calibrada (2,0 mL). Pelo menos 50 indivíduos de amebas testáceas, rotíferos, cladóceros, formas jovens (náuplios e copepoditos) e adultos de copépodes foram contados, seguindo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24^a edição (Apha, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes da PLZ-02-Metodologia de Análise de Zooplâncton (formulário próprio), que descreve o procedimento de análise para as amostras de zooplâncton.

A densidade foi expressa em termos de organismos por metro cúbico de água filtrada (org./m³). A identificação foi realizada conforme Koste (1978), Sendacz & Kubo (1982), Reid (1985), Matsumura-Tundisi (1986), Segers (1995, 2007), Elmoor-Loureiro (1997, 2021), Silva (2003) e Souza (2008).

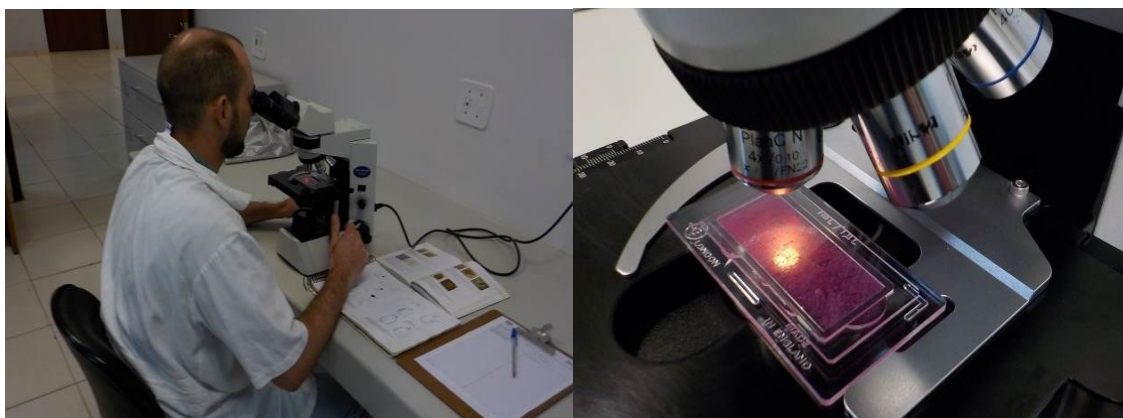


Figura 5.2 – Análise da comunidade zooplancônica amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Os atributos da comunidade zooplancônica analisados foram: riqueza, densidade das espécies e dos grupos (expressa em organismos por metro cúbico - org/m³), diversidade da comunidade, através do índice de diversidade de Shannon-Wiener (1948) e a equitabilidade da comunidade, que expressa a maneira pela qual o número de organismos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundância (número de indivíduos) semelhante ou divergente (Pielou, 1975). Para avaliação dos atributos foi utilizado o software Pc-Ord 6.08 ® (McCune & Mefford, 2011).

5.2. Resultados e Discussão

A comunidade zooplancônica amostrada no outono de 2024 na área de influência da UHE Tibagi Montante, foi composta por 60 espécies, distribuídas em 27 famílias, os rotíferos apresentaram maior riqueza (32 espécies), acompanhados dos cladóceros (12 espécies), das amebas testáceas (10 espécies) e copépodes (6 espécies), além dos organismos jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 5.1).

As amebas testáceas foram distribuídas em 6 famílias, sendo Centropxyidae (4 espécies) e Netzellidae (2 espécies) as predominantes (Tabela 5.1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). O predomínio dessas famílias também é relatado em outros estudos em vários habitats aquáticos (Lansac-Tôha et al., 2014; Maia-Barbosa et al., 2014; Matsumura-Tundisi et al., 2015; Rosa et al., 2017; Picapedra et al., 2017, 2018).

Os rotíferos identificados pertencem a 13 famílias, das quais Brachionidae (10 espécies) e Lecanidae (6 espécies) foram as predominantes (Tabela 5.1), sendo essas famílias apontadas como abundantes em diversos estudos em vários habitats aquáticos (Lansac-Tôha et al., 2009; Lucena et al., 2015, Picapedra et al., 2017, 2018, 2020). Entre os rotíferos, Brachionidae é considerado um dos mais importantes táxons de zooplâncton de água doce, cujas espécies geralmente têm hábitos planctônicos, enquanto que Lecanidae está relacionada com os bentos e perifíton, especialmente em lugares ricos em vegetação, ocorrendo ocasionalmente no plâncton (Almeida et al., 2009). O domínio dessas duas famílias é provavelmente devido à grande plasticidade dos organismos em relação às condições limnológicas e ao alimento disponível.

No caso dos microcrustáceos, os cladóceros foram representados por 6 famílias, sendo Bosminidae e Chydoridae (3 espécies, cada) as mais representativas (Tabela 5.1), e frequentemente registradas na maioria dos ambientes dulcícolas (Lima et al., 1996; Lopes et al., 1997).

Os copépodes foram representados pela família Cyclopidae e Diaptomidae (3 espécies, cada), porém, a maioria dos indivíduos encontrados era formas jovens (náuplio se copepoditos) (Tabela 5.1). Essa predominância de estágios jovens de copépodes também foi relatada por outros autores (p.e., Dole-Olivier et al., 2001; Nogueira et al., 2008; Lansac-Tôha et al., 2009; Perbiche-Neves et al., 2012; Paranhos et al., 2013; Picapedra et al., 2020) e está frequentemente relacionada a três fatores: (i) predação de formas adultas por peixes planctívoros; (ii) fontes limitadas de alimentos devido ao aumento da descarga do rio que transporta recursos alimentares a jusante; (iii) reprodução

limitada devido à dificuldade em encontrar um parceiro sexual. Além disso, os copépodes raramente desenvolvem adaptações morfológicas em resposta à instabilidade hidrológica dos rios, e as espécies com formato cilíndrico do corpo, como Cyclopoida, são comuns nos rios, pois são adaptadas para locomoção entre as partículas de sedimentos (Dole-Olivier et al., 2001).

Quanto a abundância das espécies e dos grupos da comunidade zooplanctônica (Tabela 5.1), foi apontada durante a amostragem densidade média de 80.345 org/m³, impulsionados pelos copépodes (58.974 org/m³), sobressaindo os náuplios de Cyclopoida e Calanoida (19.112 e 16.924 org/m³, respectivamente), acompanhados dos cladóceros (11.335 org/m³), destacando-se *B. cf. freyi* e *D. spinulosum* (4.211 e 3.971 org/m³, respectivamente), enquanto os rotíferos, responderam pela densidade média de 9.942 org/m³, estando *K. cochlearis* e *C. coenobasis* (2.181 e 1.499 org/m³, respectivamente) entre os organismos predominantes. As amebas testáceas, por sua vez, apresentaram menor densidade média (93 org/m³), destacando *C. aculeata* (63 org/m³) e *N. corona* (8 org/m³).

Entre os locais amostrados a maior densidade foi registrada na Barragem (279.083 org/m³), no Passatempo (34.850 org/m³) e na Jusante (7.110 org/m³), enquanto o menor valor foi amostrado na Montante (335 org/m³) (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Densidade (org./m³) da comunidade zooplancônica (amebas testáceas, rotíferos, cladóceros e copépodes), registrada por local de amostragem, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, no Outono de 2024. Valor expresso em organismos por metro cúbico (org./m³); (*) organismos jovens não incluídos na riqueza.

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org./m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
AMEBAS TESTACEAS	185		175	13	93
Arcellidae					
<i>Galeripora (Arcella) megastoma</i> (Pénard, 1902) González-Miguéns et al., 2021	5				1
Centropyxidae					
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1830)	150		90	13	63
<i>Centropyxis ecornis</i> (Ehrenberg, 1841)			25		6
<i>Centropyxis platystoma</i> (Pénard, 1890)	15				4
<i>Centropyxis gibba</i> (Deflandre, 1929)	5		5		3
Cyphoderiidae					
<i>Cyphoderia ampulla</i> Ehrenberg, 1840			10		3
Euglyphidae					
<i>Euglypha acanthophora</i> (Ehrenberg, 1841)			5		1
Lesquereusidae					
<i>Lesquereusia spiralis</i> (Ehrenberg, 1840)	5		5		3
Netzellidae					
<i>Netzelia (Diffugia) corona</i> (Wallich, 1864) Gooma et al., 2017			30		8
<i>Netzelia (Diffugia) lithophila</i> (Penard, 1902) González-Miguéns et al., 2021	5		5		3
ROTIFERA	65	27667	1250	10788	9.942
Asplanchnidae					
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)		667			167
Brachionidae					
<i>Brachionus dolabratus</i> (Harring, 1915)	10	1083	95	963	538
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898		250	55	2363	667
<i>Brachionus forficula</i> Wierzejski, 1891			10	900	228
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783				38	9
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)				250	63
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943			20	388	102
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	20	4750	555	3400	2.181
<i>Keratella lenzi</i> (Hauer, 1953)			20		5
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	10		85		24

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org/m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	5				1
Collotheceidae					
<i>Collotheca</i> sp.				175	44
Conochilidae					
<i>Conochilus coenobasis</i> (Skorikow, 1914)		5500	95	400	1.499
<i>Conochilus dossuarius</i> Hudson, 1885		2833	120	1075	1.007
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892		2833	25	488	836
Euchlanidae					
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	10		40		13
Flosculariidae					
<i>Sinantharina aripripes</i> Edmondson, 1939				38	9
Hexarthridae					
<i>Hexarthra intermedia</i> (Wiszniewski, 1929)		333			83
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)		5500	10	88	1.399
Lecanidae					
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)			40	25	16
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)			5	13	4
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)			25	13	9
<i>Lecane ludwigi</i> (Eckstein, 1883)				13	3
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)			5		1
<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896)			20		5
Lepadellidae					
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)			5		1
Synchaetidae					
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925		2333	20	138	623
Testudinellidae					
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	5				1
Trichocercidae					
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)				13	3
<i>Trichocerca similis</i> (Wiezerjiski, 1893)	5	250		13	67
Trochosphaeridae					
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)		83			21
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)		1250			313
CLADOCERA	45	43667	340	1288	11.335

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org/m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
Bosminidae					
<i>Bosmina</i> cf. <i>freyi</i> De Melo & Hebert, 1994	5	15833	45	963	4.211
<i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904		1000	50	88	284
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895		1833	55		472
Chydoridae					
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910				38	9
<i>Coronatella poppei</i> (Richard, 1897)				13	3
<i>Ovalona glabra</i> (Sars, 1901)	10				3
Daphniidae					
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> Dadayi, 1902		83	35	25	36
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886		500	20	100	155
Ilyocryptidae					
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	30		25		14
Moinidae					
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899		4333	95	25	1.113
Sididae					
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korineck, 1981		4250			1.063
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst, 1975		15833	15	38	3.971
COPEPODA	40	207750	5345	22763	58.974
Cyclopidae					
náuplio de Cyclopoida*	30	57917	4015	14488	19.112
copepodito de Cyclopoida*	10	41000	410	2563	10.996
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)		83			21
<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)		833	20		213
<i>Thermocyclops minutus</i> (Lowdes, 1934)		250	40	38	82
Diaptomidae					
náuplio de Calanoida*		62500	585	4613	16.924
copepodito de Calanoida*		35583	80	963	9.156
<i>Notodiaptomus oliveirai</i> Matsumura-Tundisi et al., 2010		1083			271
<i>Notodiaptomus deitersi</i> (Poppe, 1981)		3250			813
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> (Wright, 1935)		5250	195	100	1.386
Densidade (org/m³)	335	279083	7110	34850	80.345

Os resultados dos atributos da comunidade de zooplancônica (equitabilidade, diversidade e riqueza) (Figura 5.3), apontaram maior valor de equitabilidade e diversidade na Jusante ($E=0,80$ e $H'=2,90$) e Barragem ($E=0,80$ e $H'=2,64$), indicando melhor distribuição das espécies nestes locais, enquanto e os menores valores foram registrados no Passatempo ($E=0,68$ e $H'=2,35$) e Montante ($E=0,69$ e $H'=1,92$), apontando o predomínio de algumas espécies, no caso de *Keratella cochlearis*. Quanto a número de espécies os valores oscilaram entre 16 na Montante a 38 no Jusante.

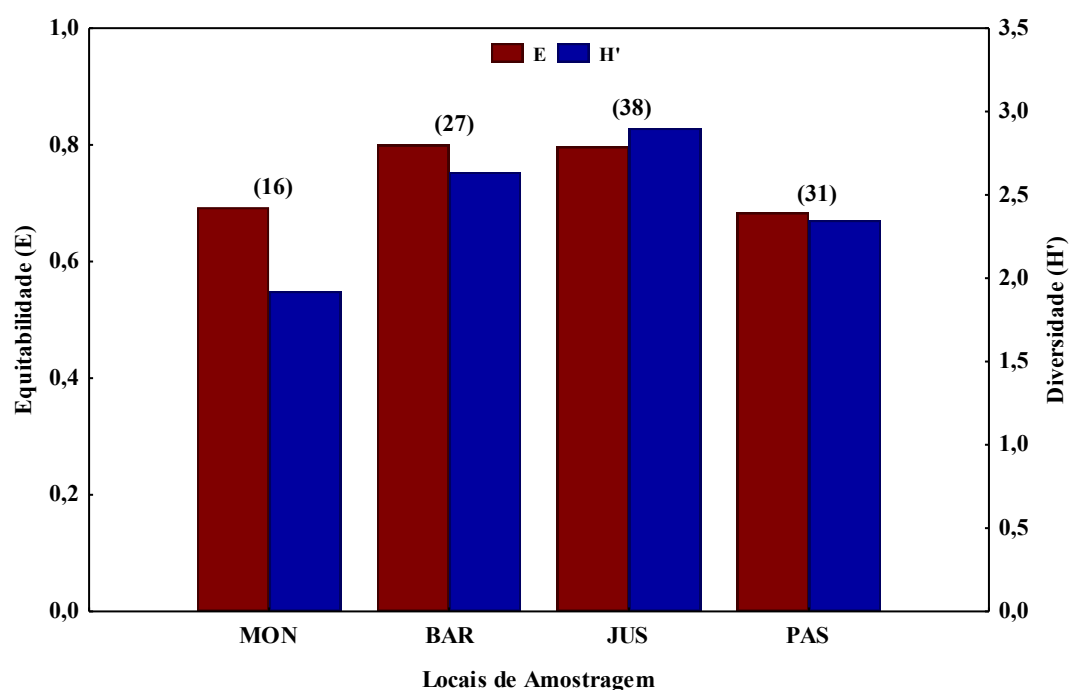


Figura 5.3 – Atributos da comunidade zooplancônica (E =Equitabilidade, H' =Diversidade e riqueza (S)=entre parênteses), registrada na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, no Outono de 2024.

5.3. Considerações Finais

Sessenta espécies zooplancônicas foram identificadas em abril de 2024, compostas por organismos do Filo Protozoa, Filo Rotifera, da ordem Cladocera (Crustacea) e das ordens Calanoida e Cyclopoida (Copepoda, Crustacea). Os rotíferos apresentaram maior riqueza e, incluída nesse grupo, Brachionidae e Lecanidae foram consideradas as famílias mais representativas, seguidas dos cladóceros. A densidade do zooplâncton por ponto de coleta, variou de 279.083 org/m³ (Barragem) a 335 org/m³ (Montante), sendo os microcrustáceos (copépodes e cladóceros) o grupo numericamente mais importantes, seguidos dos rotíferos e das amebas testáceas.

A densidade registrada na presente análise foi inferior ao registrado na amostragem anterior (verão de 2024). De acordo com Picapedra et al. (2020), os estudos no reservatório de Salto Santiago e Salto Osório, entre 2003 e 2018, mostraram queda nos valores de densidade do zooplâncton durante as estações mais frias, ligada principalmente à diminuição da temperatura da água, a qual pode desencadear processos sazonais que influenciam o zooplâncton diretamente (p.e., taxas metabólicas, tamanho do corpo, produção de ovos) e indiretamente (p.e. estrutura do fitoplâncton). Outros estudos também observaram uma diminuição na abundância de zooplâncton em reservatórios tropicais durante períodos com temperaturas mais baixas (Tundisi, et al., 2008). O aumento nos valores de densidade em relação a amostragem anterior, sucedeu devido ao aumento da temperatura da água e a baixa precipitação ocorrida na região, dias que antecederam a amostragem, diminuindo a velocidade de fluxo, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento destes organismos, e consequentemente aumentando a densidade destes indivíduos.

As espécies de amebas testáceas mais abundantes nesta análise foram: *Centropyxis aculeata* (0 a 150 org/m³) e *Netzelia corona* (0 a 30 org/m³). No caso dos rotíferos foram *Keratella cochlearis* (0 a 4.750 org/m³) e *Conochilus coenobasis* (0 a 5.500 org/m³). Entre os cladóceros, *Bosmina* cf. *freyi* (5 a 15.833 org/m³) e *Diaphanosoma spinulosum* (0 a 15.833 org/m³), foram os que tiveram abundâncias mais expressivas. Para o grupo dos copépodes, a espécie *Argyrodiaptomus azevedoi* (0 a 5.250 org/m³) foi a mais importante. Os náuplios e copepoditos de ciclopóides apresentaram densidades variando entre 30 a 57.917 org/m³ e 10 a 41.000 org/m³, respectivamente, e os náuplios e copepoditos calanóides apresentaram densidades variando entre 0 e 62.500 org/m³ e 0 e 35.583 org/m³, respectivamente.

No que se refere aos pontos de amostragem, a maior densidade foi registrada na parte alagada pelo barramento, ou seja, os locais situados no reservatório, como os pontos da Barragem e Passatempo. O ponto de Jusante também apresentou aumento na densidade, onde os organismos provenientes do reservatório, estão sendo exportados para jusante, contribuindo para o aumento da abundância dos grupos zooplancônicas neste local. Enquanto o ponto com menor abundância foi a montante do reservatório.

6. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

6.1 Metodologia

Para a caracterização da comunidade bentônica, foram realizadas amostragens nos locais de coleta mencionados anteriormente, com o objetivo de abranger a área de influência do reservatório, a montante, jusante e tributários. Considerando as características geomorfológicas de cada local, tais como largura, profundidade, tipo de substrato, velocidade de corrente, além da segurança do amostrador durante o procedimento de coleta, em cada local foram realizadas três subamostragens de macroinvertebrados bentônicos com auxílio de rede coletora do tipo “hand-net”, segundo o método de “Kick-Sampling” e três amostras com o auxílio de draga do tipo Petersen, buscando avaliar os diferentes microhabitats (ambientes lóticos, remansos, margens e centro) (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Coleta da comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos.

O laboratório de Bentos segue os padrões estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO, visto que,

possui acreditação ISO/IEC 17025, CRL nº1356 (em anexo). Por tanto, o GERPEL/INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras, segundo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª edição (APHA, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes do PLB-01-Procedimento de Amostragem de invertebrados bentônicos (formulário próprio), método 10500 B, que detalha o plano de amostragem para coleta de invertebrados bentônicos e, o método 10500 C, onde está descrito o procedimento de identificação e Quantificação de Invertebrados Bentônicos.

Após a coleta, a amostra de sedimento é lavada em água corrente, utilizando uma rede (puçá) com malha de 0,5 mm, e posteriormente acondicionada em frascos plásticos devidamente etiquetados e conservados em álcool 70%, segundo as diretrizes do PLB-01-Procedimento de Amostragem de macroinvertebrados bentônicos (10500 B).

No laboratório as amostras de sedimento são lavadas novamente em água corrente, em fluxo reduzido, utilizando uma rede de malha de 0,5 mm, segundo as diretrizes do PLB-02-Procedimento de identificação e quantificação de macroinvertebrados bentônicos (10500 C).

A identificação em laboratório foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico, segundo Mccafferty (1981), Perez (1988), Buzzi (2002), (Costa et al. 2006), (Mugnai et al. 2010) e (Hamada et al. 2014) (Figura 6.2).



Figura 6.2 - Triagem e identificação da comunidade bentônica amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante.

A composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, assim como a sua distribuição espacial e temporal foi avaliada em relação ao número de organismos capturados. Os padrões de riqueza e diversidade específica foram expressos

pela riqueza (número) de grupos taxonômicos e pelo índice de diversidade de Shannon (Magurran, 1988). Para a análise dos atributos da assembleia da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi utilizado o software Pc-Ord 5.31 (McCune e Mefford, 2006).

A avaliação da qualidade da água foi realizada considerando o índice biológico baseado em macroinvertebrados, Biological Monitoring Working Party System (BMWP) e adaptado por IAP (2003) (Tabela 6.1). O índice BMWP baseia-se no somatório de valores de tolerância (sensibilidade a poluentes orgânicos) atribuídos a cada grupo de macroinvertebrados de acordo com sua capacidade de sobreviver em diferentes situações de qualidade de água. Este é um índice qualitativo e leva em conta a presença ou ausência de famílias (Bispo et al, 2006; Fernandes, 2007).

Tabela 6.1 – Classificação da qualidade da água baseada na ocorrência das famílias de macroinvertebrados bentônicos.

CLASSE	QUALIDADE	VALOR	SIGNIFICADO	COR
I	Ótima	>151	Águas muito limpas (águas pristinas)	LILÁS
II	Boa	121-150	Águas limpas, não poluídas ou sistema perceptivelmente não poluído	AZUL ESCURO
III	Aceitável	101-120	Águas muito pouco poluídas ou sistema já com um pouco de alteração	AZUL CLARO
IV	Duvidosa	61-100	São evidentes efeitos moderados de poluição	VERDE
V	Poluída	36-60	Águas contaminadas ou poluídas (sistema alterado)	AMARELO
VI	Muito Poluída	16-35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado)	LARANJA
VII	Fortemente Poluída	<16	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)	VERMELHO

6.2 Resultados e Discussão

As amostragens da comunidade de macroinvertebrados bentônicos realizadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, no outono de 2024 (Tabela 6.2), resultaram no registro de 2.850 indivíduos, pertencentes a três filos, sete classes, 11 ordens e 20 famílias, totalizando 24 táxons. Destaca-se que, o número de indivíduos aqui apresentados é superior ao registrado na coleta anterior (verão de 2024), porém, o número de grupos taxonômicos é inferior, visto que, na coleta anterior foram registrados 1.875 indivíduos e 30 táxons.

A proporção entre os grupos taxonômicos registrados nos locais amostrados apresentou elevado predomínio em número de indivíduos da ordem Diptera (93,8%), os indivíduos das ordens Veneroidea e Acari representaram respectivamente 2,0% e 1,4%. Os demais grupos com abundância relativa inferior a 1,0% foram agrupados na categoria outros, contribuindo com 2,8% do total de indivíduos registrados (Figura 6.3).

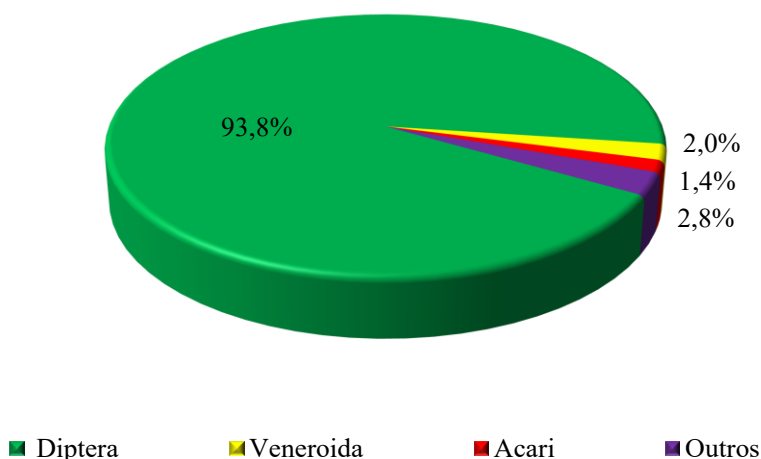


Figura 6.3- Abundância relativa dos grupos de macroinvertebrados bentônicos capturados nos locais de coleta, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi no Outono de 2024.

Considerando a distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 6.2), verifica-se a maior abundância na Barragem (2.260 indivíduos), com destaque de Chironomidae, apresentando 2.163 indivíduos. Nos locais Montante,

Jusante e Passatempo, foram registrados 224, 188 e 178 indivíduos, respectivamente, com predomínio do Chironomidae nos três locais.

A avaliação da qualidade da água baseada no índice BMWP (Tabela 6.2), enquadrando as águas no local Montante e Passatempo na classe VI, Barragem, na classe IV e Jusante na classe V. Considerando a somatória da pontuação obtida para as famílias de macroinvertebrados bentônicos registrados em todos os locais, na área de influência da UHE Tibagi Montante, as águas foram enquadradas na classe III, consideradas de qualidade aceitável.

Comparando os resultados relacionados no histórico do Índice BMWP, (Tabela 6.3), durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 ao outono de 2024 totalizando 28 coletas, verifica-se, que em 39,3% (11 coletas), as águas dos locais avaliados na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, foram enquadradas na classe I, ótima qualidade; 7,1% (2 coletas), as águas dos locais avaliados, foram enquadradas na classe II, boa qualidade; 28,6% (8 coletas), as águas dos locais avaliados, foram enquadradas na classe III, águas de qualidade aceitável; 21,4% (6 coletas), as águas foram enquadradas na classe IV, águas de qualidade duvidosa e apenas 3,6% (1 coleta), as águas foram enquadradas na classe V, poluída. Vale destacar que, a baixa captura de indivíduos, pode influenciar diretamente no índice BMWP, não indicando assim, que as águas dos locais analisados estejam apresentando qualidade duvidosa, ou até mesmo poluídas, apenas que estas não apresentem um habitat adequado em termos de substrato para o desenvolvimento da maioria das comunidades bentônicas, pois a abundância, distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são afetadas por diversos fatores bióticos e abióticos Winterbotton et al. (1997).

Tabela 6.2– Enquadramento Taxonômico e classificação do Índice BMWP, baseado na presença das famílias de macroinvertebrados bentônicos capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, no outono de 2024. Onde: N=Número de indivíduos; -=sem pontuação e B=BMWP.

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem								Total	
	Montante		Barragem		Jusante		Passatempo			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Filo Mollusca										
Classe Bivalvia										
Ordem Veneroida										
Sphaeriidae		3								3
<i>Pisidium</i> sp.	3								3	
Classe Gastropoda										
Ordem Basommatophora										
Ancylidae			4	7					4	7

UHE TIBAGI MONTANTE

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem								Total N B																
	Montante N B		Barragem N B		Jusante N B		Passatempo N B																		
Filo Annelida	42	1	3	1	3	1	8	1	56	1															
Classe Oligochaeta																									
Classe Hirudinea																									
Ordem Rhynchobdellida																									
Glossiphonidae											3	3	3	3											
<i>Helobdella</i> sp.																									
Filo Arthropoda																									
Classe Chelicerata											38	-	3	-	41	-									
Ordem Acari																									
Arrenuridae																									
Classe Ostracoda																									
Ordem Podocopida																									
Cyplididae	18	3	18	3																					
Classe Insecta																									
Ordem Diptera																									
Chironomidae	177	2	2163	2	160	2	161	2	2661	2															
Psychodidae																	6	4	5	4					
Syrphidae											1	1	1	1											
Ordem Ephemeroptera																									
Baetidae															1	5	8	5	1	5	10	5			
<i>Camelobaetidius</i> sp.											3	1	1	4									1	1	5
<i>Baetodes</i> sp.																									
Caenidae															1	6	1	6	2	6					
<i>Caenis</i> sp.											1	6	1	6							2	6			
Leptohyphidae																							1	6	1
<i>Traverhyphes</i> sp.	1	6	1	6	2	6																			
Ordem Hemiptera							18	4	1	7	1	7													
Corixidae													18	4	1	7	1	7							
Vellidae	18	4	1	7	1	7																			
Ordem Lepidoptera							1	8	1	8	6	8													
Pyalidae													1	8	1	8	6	8							
Ordem Odonata	1	8	1	8	6	8																			
Corduliidae							1	8	1	8	6	8													
Gomphidae													1	8	1	8	6	8							
<i>Cyanogomphus</i> sp.	1	8	1	8	6	8																			
Libellulidae							1	8	1	8	6	8													
<i>Orthemis</i> sp.													1	8	1	8	6	8							
Perilestidae	1	8	1	8	6	8																			
Ordem Trichoptera							1	10	1	7	1	7													
Leptoceridae													1	10	1	7	1	7							
Polycentropodidae	1	10	1	7	1	7																			
<i>Cyrnellus</i> sp.							1	10	1	7	1	7													
Total de organismos													224	24	2260	68	188	41	178	24	2850	104			
Classe/Índice BMWP	VI	24	IV	68	V	41																	VI	24	III
							VI	24	IV	68	V	41													

Os resultados avaliados para os atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (riqueza, equitabilidade e diversidade), expressos na figura 6.4, revelaram os maiores índices para os atributos equitabilidade e diversidade nos locais Montante e Jusante ($E=0,37$ e $H'=0,60$ e $E=0,30$ e $H'=0,71$, respectivamente), indicando que, os grupos taxonômicos registrados nesses locais encontraram-se melhor distribuídos. Nos demais locais os valores oscilaram para equitabilidade de $E=0,09$, com

registro na Barragem a $E=0,23$ registrado no Passatempo, para diversidade variou de $H'=0,25$ na Barragem a $H'=0,44$ registrado no Passatempo. Baixos índices de equitabilidade indicam predomínio de algum grupo taxonômico, como por exemplo, de Chironomidae constatados nas amostras da Barragem. Para o atributo riqueza de táxons os valores oscilaram de $S=5$ registrado na Montante a $S=16$ registrado Barragem.

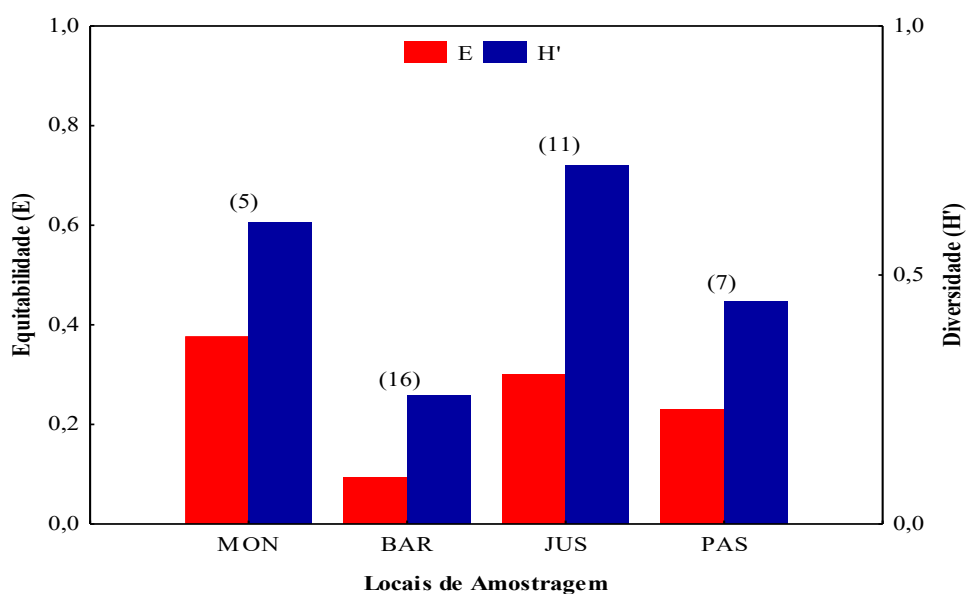


Figura 6.4 – Atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, Equitabilidade (E =azul), Diversidade (H' =vermelho) e Riqueza (valores entre parênteses acima das colunas), dos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante, registrados no outono de 2024.

Tabela 6.3–Histórico do Índice BMWP, baseado na presença das famílias de macroinvertebrados bentônicos capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 o outono de 2024.

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS - ÍNDICE BMWP UHE TIBAGI MONTANTE														
PONTOS	Pré - Construção		Construção								Operação			
	2017		2018				2019				2020			
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
MON	50		7	4	48	101	47	0	65	11	78	23	13	99
TRI	118		3	11	134	85	94	38	46	33	7	15	14	30
INT	32		2	2	12	100	41	11	11	6	11	23	23	6
BAR	151		9	1	65	75	67	81	5	6	27	81	16	22
PAS	82		22	31	80	122	92	98	76	5	33	67	49	81
JUS	118		17	2	44	62	66	30	36	6	20	68	64	18
UHE Tibagi Montante	151	185	71	46	199	209	180	150	151	78	112	118	106	158
	Ótima	Ótima	Duvidosa	Poluída	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Duvidosa	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Ótima

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS - ÍNDICE BMWP UHE TIBAGI MONTANTE														
PONTOS	Operação													
	2021				2022				2023				2024	
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
MON	41	23	11	87	97	14	14	18	3	1	16	37	6	24
TRI	17	17	7	36	30	18	10	7	1	21	12	3	13	
INT	48	11	13	22	24	19	19	11	16	29	5	22	9	
BAR	92	58	23	39	6	7	46	38	15	3	16	69	18	68
PAS	89	83	56	56	91	83	121	63	3	3	47	48	51	24
JUS	46	45	42	34	25	36	13	15	47	65	63	34	23	41
UHE Tibagi Montante	164	114	94	164	175	111	142	104	61	96	105	128	89	104
	Ótima	Aceitável	Duvidosa	Ótima	Ótima	Aceitável	Boa	Aceitável	Duvidosa	Duvidosa	Aceitável	Boa	Duvidosa	Aceitável

6.3 Considerações Finais

O Monitoramento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, em relação à coleta anterior (verão de 2024), apresentou aumento no número de indivíduos e pequena redução no número de táxons.

A respeito do estado de conservação das espécies, não foi registrado nenhum táxon que conste na lista de espécies ameaçadas da IUCN ou da portaria MMA nº 148 de 7 de junho de 2022.

Entre os grupos taxonômicos, Diptera, foi o grupo mais abundante. Embora, Ephemeroptera e Trichoptera terem apresentado percentuais inferiores a 1,0% do total de indivíduos registrados, vale destacar a sua presença. Segundo Goulart e Callisto (2003); Hepp e Restello (2007); Vanzela, Hernandez e Franco (2010); Bagatini, Delariva, e Higuti (2012), os indivíduos pertencentes às ordens Ephemeroptera e Trichoptera, são excelentes indicadores de qualidade de água, portanto, a presença desses indivíduos pode ser considerada de grande relevância, pois indivíduos pertencentes a essas ordens vivem em ambientes bem preservados, com presença de mata ciliar, águas limpas, bem oxigenadas e sem perturbações ambientais, sendo fundamentais para avaliar a qualidade de ambientes aquáticos. Por outro lado, a ordem Diptera, segundo Giuliatti e Carvalho (2009), é a mais representativa em termos de indivíduos entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, estando distribuídos em larga escala nos ambientes aquáticos de água doce.

A avaliação da qualidade da água, utilizando o índice BMWP, classificou as águas dos locais avaliados entre a classe IV e VI. Considerando a somatória da pontuação obtida para as famílias de macroinvertebrados bentônicos registrados em todos os locais amostrados, na área de influência da UHE Tibagi Montante, o índice BMWP, classificou as águas como sendo de classe III. Vale ressaltar que, a distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar e indiretamente afetados por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária, Ward et al. (1992) e Galdean et al., (2000), e ainda, os macroinvertebrados bentônicos são afetados por diversos fatores bióticos e abióticos como velocidade da corrente, oxigênio dissolvido, luminosidade, temperatura da água, entre outros. Fatores esses que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais Jonasson (1996); Brosse, Arbuckle e

Townsend (2003). Alguns desses fatores, ou até mesmo esse conjunto de fatores, podem por tanto, terem influenciado na presença abundância e distribuição desses indivíduos.

7. ICTIOFAUNA

7.1 Metodologia

As amostragens da ictiofauna, nos seis pontos citados acima, foram realizadas com o auxílio de diferentes petrechos de pesca, como redes de espera, tarrafas, espinhéis e arrastos. As redes de espera (Figura 7.1) foram de malha simples (2,5 a 12 cm entre nós) e feiticeiras (6 a 8 cm entre nós não adjacentes) com 20 m de comprimento (cada) no rio Tibagi e 10 m de comprimento (cada) no Tributário Capivari, as quais ficaram expostas durante 16 horas, instaladas às 16 horas e retiradas às 8 horas (para a despesca). Além disso, nos locais BAR e PAS foram utilizadas as redes de espera em três estratos diferentes: margem, superfície e fundo. As tarrafas utilizadas (Figura 7.1) foram de malhas 2,5 e 4,0 cm de entre nós não adjacentes e 15 m de roda (abertura), operadas durante o período diurno, sendo realizados lances de cada malha durante 15 minutos.

Os espinhéis (Figura 7.1) foram utilizados para a captura de peixes de médio e grande porte, sendo compostos por 30 anzóis (7/0) expostos durante 16 horas, instalados às 16 horas e retiradas às 8 horas. As amostragens na zona litorânea foram realizadas para a captura de espécies de pequeno a médio porte, com auxílio de rede de arrasto (Figura 7.1) ou cerco de 10 m de comprimento, 2 m de altura e malha 5 mm de abertura, operadas no período crepuscular vespertino, em cada um dos pontos de amostragem, quando possível.

Os peixes capturados foram anestesiados com hidrocloreto de benzocaína, segundo a Resolução nº 714, de 20 de julho de 2002 do Conselho Federal de Medicina Veterinária, que dispõe sobre procedimentos e métodos de eutanásia em animais. Após este procedimento, os peixes foram fixados em formaldeído 10% e acondicionados em tambores de polietileno. Em laboratório, a identificação das espécies de peixes foi efetuada segundo Ota (2018) e descrições de espécies posteriores. Exemplares testemunhos de cada espécie foram conservados em álcool 70% e depositados em coleção ictiológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE/GERPEL).



Figura 7.1 – Coletas com diferentes petrechos de pesca.

De cada exemplar foi obtido o comprimento total (Lt), comprimento padrão (Ls), peso total (Wt), peso das gônadas (Wg), data, local, tipo de aparelho e turno de captura. Além destes fatores, foi analisado o grau de repleção gástrico, o sexo e os estádios de maturidade gonadal. Ao grau de repleção gástrico (GR), que indica o estado

de enchimento dos estômagos foi atribuída a seguinte escala: GR0 = estômago vazio; GR1 = estômago parcialmente vazio; GR2 = estômago parcialmente cheio e GR3 = estômago cheio.

A identificação do sexo e dos estádios de maturidade foi feita através da inspeção macroscópica das gônadas, observando-se o tamanho, a forma, a possibilidade de visualização dos ovócitos (no caso dos ovários) e sua posição na cavidade abdominal e foi atribuída a seguinte escala: IMT=imaturo; MAT=desenvolvimento (maturação); RPD=capaz de desovar (Reprodução); ESG=regressão (esgotado); REP=regeneração (repouso) (Brown-Peterson et al., 2011).

Os atributos utilizados como descritores de comunidade, riqueza específica (S=número de espécies), equitabilidade (E) e índice de diversidade de Shannon (H) (Magurran, 1988; Krebs, 1999) foram utilizados para avaliar a organização das assembleias de peixes ao longo do gradiente longitudinal. O índice de Shannon (H') foi definido como:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) \times \ln p_i$$

sendo:

s=número de espécies;

p_i=proporção da espécie i.

A equitabilidade (E) foi calculada de acordo com a expressão:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

sendo:

H'=índice de diversidade de Shannon;

S=número de espécies.

A riqueza, equitabilidade e índice de diversidade de Shannon foram calculados utilizando o software PC-Ord 5.31 (McCune & Mefford, 2006).

Para o cálculo de Captura por Unidade de Esforço (CPUE) foram utilizadas redes de espera simples de malha 2,5 a 12 cm e tresmalho 6, 7 e 8 cm. As capturas em peso por unidade de esforço foram padronizadas para kg/1.000 m² de rede*16 h, enquanto as capturas em número de indivíduos por unidade de esforço foram expressas em ind/1.000 m² de rede*16 h.

Para a análise da dieta, após as despescas, foi realizada a dissecação dos indivíduos, possibilitando a determinação do grau de repleção dos estômagos. Os estômagos que se encontraram parcialmente cheios ou cheios (Gr 2 e Gr 3, respectivamente), de acordo com os critérios de Braga (1990), foram retirados e conservados em álcool 70,0%. Como o objetivo da análise da dieta é a comparação entre as estações do ano, estes resultados serão apresentados nos relatórios consolidados.

Para testar se há diferença significativa na proporção sexual entre machos e fêmeas, foi utilizado o teste de Qui-quadrado (χ^2). Segundo Vazzoler (1996) e Mendes (1999), este é um teste não paramétrico, que permite comparar aspectos de uma população que não seja seus parâmetros, tais como média e variância, sendo utilizado para comparar se um conjunto de frequências observadas é igual ou não ao que se esperava observar teoricamente. Sendo que para g.l.=1, valores de $\chi^2 > 3,84$ serão considerados como significativamente diferentes ($p < 0,05$).

$$\chi^2 = \left(\frac{(O - E)^2}{(E)} \right) \times 2$$

sendo:

O=Frequência obtida entre machos e fêmeas;

E=Proporção sexual esperada.

Para a determinação do local de reprodução foram utilizadas as frequências de indivíduos nos diferentes estádios de maturação gonadal (fêmeas e machos agrupados).

7.2 Resultados e Discussão

Durante a amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, nos seis locais de coleta, foram capturados 1.114 indivíduos, sendo as maiores capturas registradas nos locais BAR (412 indivíduos), PAS (279 indivíduos) e MON (190 indivíduos), enquanto os menores números de indivíduos capturados ocorreram nos locais TRI (32 indivíduos), JUS (95 indivíduos) e INT (106 indivíduos) (Tabela 7.1).

Durante o período amostral (abril de 2024), foram identificadas 29 espécies de peixes distribuídas em 13 famílias e quatro ordens (Figura 7.2). O número de espécies identificadas foi superior as coletas de janeiro/2018; julho/2019 e outubro/2023; e semelhante as coletas de abril e julho de 2018; julho de 2021, 2022 e 2023. Nas demais coletas realizadas até o momento, o número de espécies foi superior, sendo também inferior a média de 34 espécies por campanha considerando todo o período monitorado.

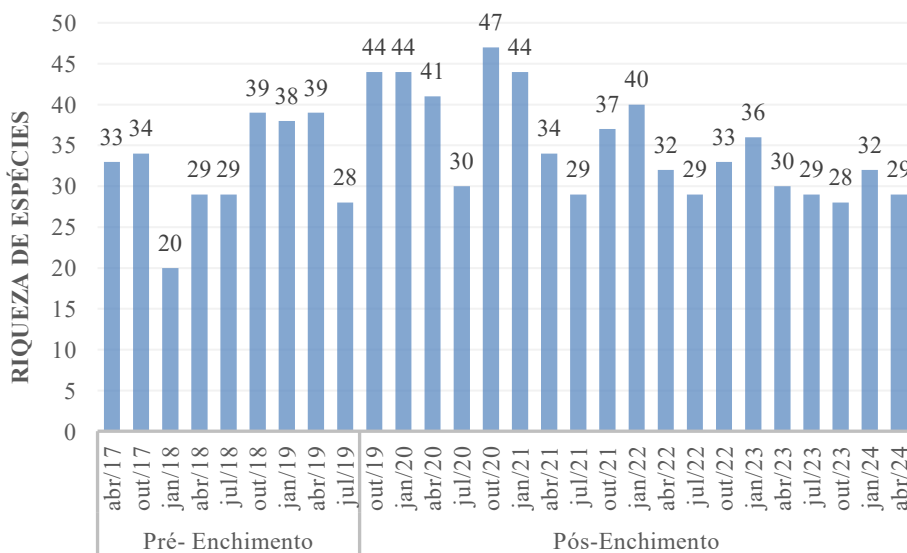


Figura 7.2 – Riqueza de espécies registradas no monitoramento da ictiofauna na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2024 (outono/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Quando comparada esta amostragem com o período pré-enchimento o número de espécies registradas foi menor, sendo que no período pré-enchimento foram registradas 63 espécies em nove coletas na área de influência da UHE Tibagi Montante, porém, comparando a riqueza da fase pré-enchimento (63 espécies) com as amostragens realizadas até o presente momento, durante a fase de operação, o número de espécies registradas teve um pequeno aumento, sendo identificadas 68 espécies de peixes.

No geral, houve grande predomínio das ordens Characiformes (13 espécies) e Siluriformes (13 espécies), que representaram 89,7% do total de espécies identificadas durante o presente estudo. O predomínio destas duas ordens corrobora com vários autores (Lowe-McConnell, 1999; Shibatta et al., 2002; Gubiani et al., 2006; Gubiani et al., 2010) para a ictiofauna de rios neotropicais.

Em relação à estratégia reprodutiva das espécies (Tabela 7.1), foram registradas quatro espécies migradoras de longa distância (*Megaleporinus obtusidens*, *Megaleporinus piavussu*, *Prochilodus lineatus* e *Salminus hilarii*). De acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente, nenhuma espécie capturada nesta coleta consta como ameaçada de extinção.

Tabela 7.1 – Enquadramento taxonômico e ocorrência das espécies nos seis locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Locais de Amostragem					
			MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
CHARACIFORMES								
Erythrinidae								
Hoplias sp. 2	Traíra	SCC	2	4	2		2	4
Parodontidae								
Apareiodon affinis (Steindachner, 1879)	Canivete	SSP			5	2		
Anostomidae								
Leporinus amblyrhynchus Garavello & Britski, 1987	Ximboré	SSP						1
Leporinus octofasciatus Steindachner, 1915	Piau-flamengo	SSP	6	10	1		2	
Megaleporinus obtusidens (Valenciennes, 1837)	Piapara	MIG	1		10	4	1	3
Megaleporinus piavussu (Britski, Birindelli & Garavello, 2012)	Piapara	MIG		8				
Schizodon nasutus Kner, 1858	Piau	SSP	3	16	20	1	2	12
Prochilodontidae								
Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1836)	Curimba	MIG	4		3			1
Bryconidae								
Salminus hilarii Valenciennes, 1850	Tabarana	MIG	4	7	10	11	6	13
Characidae								
Astyanax lacustris (Lütken, 1875)	Lambari	SSP	16	11	20	19	7	21
Oligosarcus paranensis Menezes & Géry, 1983	Lambari	SSP	9	1	17		2	16
Piabina argentea Reinhardt, 1867	Saicanga	SSP	2					
Psalidodon aff. fasciatus (Cuvier, 1819)	Piquira	SSP	74	20	303	21	1	190
GYMNOTIFORMES								
Sternopygidae								
Eigenmannia trilineata López & Castello, 1966	Espadinha	SSP	1					
Gymnotidae								
Gymnotus inaequilabiatus (Valenciennes, 1839)	Morenita	SSP		1				
SILURIFORMES								
Callichthyidae								

UHE TIBAGI MONTANTE

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Locais de Amostragem					
			MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
<i>Corydoras longipinnis</i> Knaack 2007	Coridoras	SSP	35	6	1			7
Loricariidae								
<i>Hypostomus albopunctatus</i> (Regan, 1908)	Cascudo-avião	SCC	1	3			1	
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering 1911)	Cascudo	SCC	5	1			2	
<i>Hypostomus</i> cf. <i>paulinus</i> (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC				5		
<i>Hypostomus commersoni</i> Valenciennes, 1836	Cascudo	SCC	4	7			4	
<i>Hypostomus hermanni</i> (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC				5	1	
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)	Cascudo	SCC	1					
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan, 1908)	Cascudo	SCC				2		
Heptapteridae								
<i>Pimelodella gracilis</i> (Vallenciennes, 1835)	Bagre	SSP			1			1
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Bagrinho	SSP	1	1	1			
Pimelodidae								
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken, 1864)	Mandi-beiçudo	SSP	15	2	2	8		1
<i>Pimelodus maculatus</i> La Cepède, 1803	Mandi	SSP		1		4	1	
<i>Pimelodus microstoma</i> Steindachner, 1877	Mandi-amarelo	SSP	4		1	7		
CICHLIFORMES								
Cichlidae								
<i>Geophagus iporangensis</i> Haseman, 1911	Cará	SCC	2	7	15	6		9
Total Geral			190	106	412	95	32	279

A estrutura da comunidade de peixes (Figura 7.3) mostrou maiores índices de equitabilidade (E) nos locais TRI (E=0,90), JUS (E=0,88) e INT (E=0,87) e para a diversidade (H') os maiores índices foram nos locais INT (H'=2,47), TRI (H'=2,31) e JUS (H'=2,27). Os locais que se destacaram no índice de riqueza (S) foram MON (20), INT (17) e BAR (16).

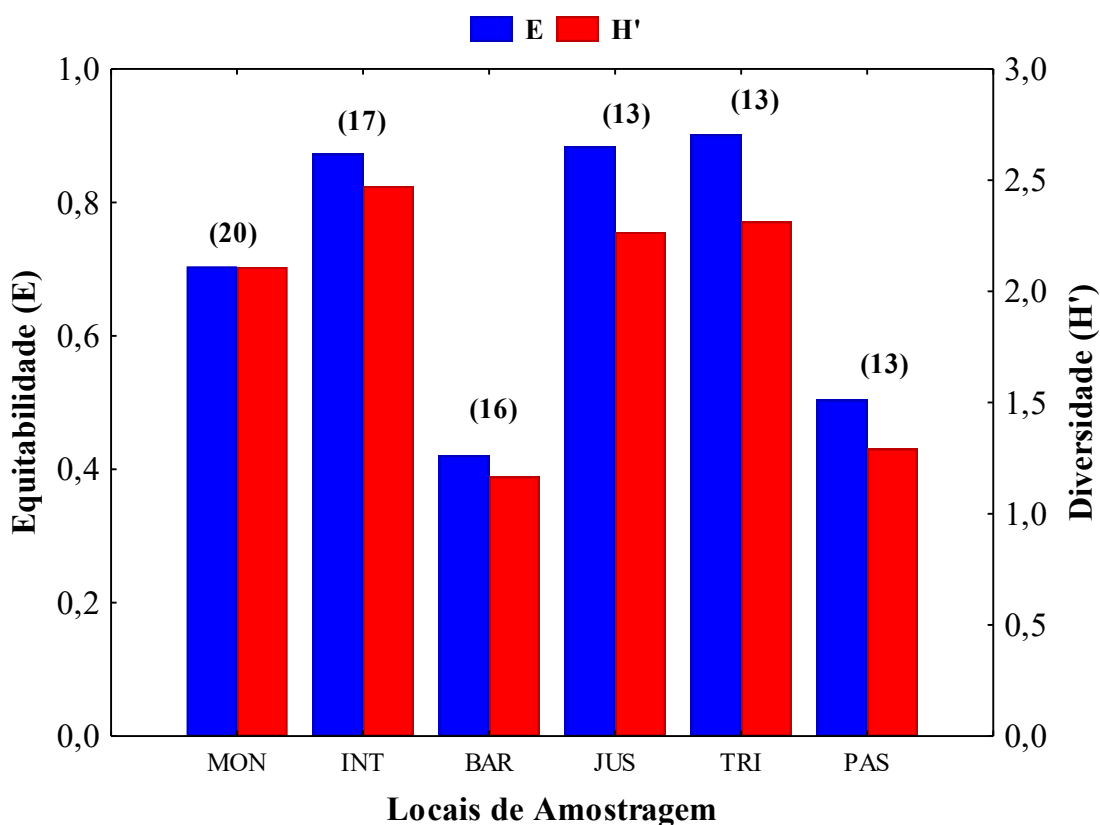


Figura 7.3 – Estrutura da assembleia de peixes da área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

Entre os locais de amostragem, a captura por unidade de esforço (CPUE) (Figura 7.3A) apresentou maior valor em número nos locais MON e JUS (415,4 ind./ 1.000m² em cada local) e BAR (400,4 ind./ 1.000m²). Já em relação a CPUE, em biomassa as maiores capturas ocorreram nos locais BAR (44,3 kg/1.000m²), JUS (29,1 kg/1.000m²) e MON (21,1 kg/1.000m²) (Figura 7.4A).

Entre as 10 principais espécies (Figura 7.4B) capturadas com redes de espera na área de influência da UHE Tibagi Montante, as maiores CPUEs em número de indivíduos foram registradas para *Psalidodon aff. fasciatus* (177,5 ind/1000m²), *Astyanax lacustris* (27,5 ind/1000m²), *Schizodon nasutus* (15,7 ind/1000m²) e *Salminus hilarii* (14,9 ind/1000m²), enquanto em biomassa as maiores CPUEs foram registradas para *Schizodon*

nasutus (3,4 kg/1000m²), *Megaleporinus obtusidens* (3,0 kg/1000m²) e *Psalidodon aff. fasciatus* (2,4 kg/1000m²).

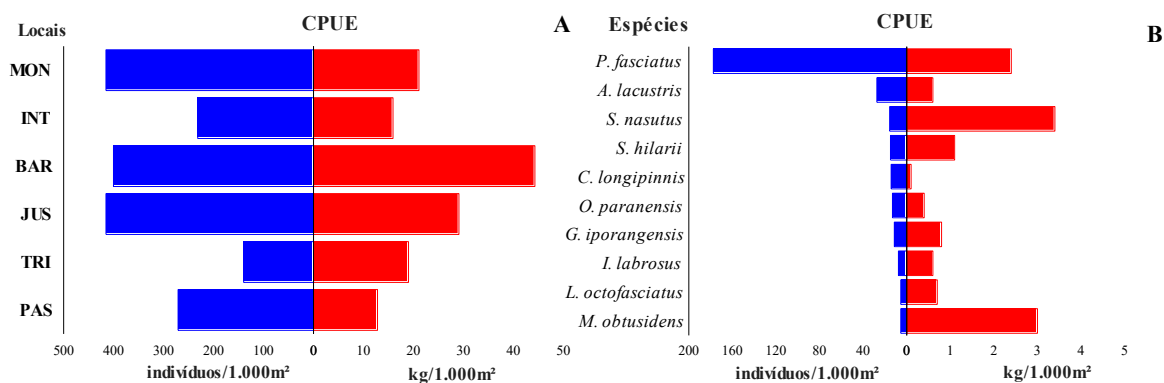


Figura 7.4 – Captura por unidade de esforço com redes de espera, para os seis locais amostrados (A) e para as principais espécies capturadas (B), na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

Durante as amostragens realizadas no outono de 2024 na área de influência da UHE Tibagi Montante foi registrada a presença de indivíduos de pequeno, médio e grande porte (Tabela 7.2). Os maiores indivíduos capturados, classificados como de grande porte, pertenceram às espécies *Prochilodus lineatus* (47,5 cm), *Megaleporinus piavussu* (44,5 cm), *Megaleporinus obtusidens* (43,5 cm) e *Hoplias* sp. 2 (42,0 cm) e enquanto os menores exemplares pertenceram às espécies *Piabina argentea* (4,6 cm) e *Corydoras longipinnis* (4,8 cm) (Tabela 7.2). No geral 44,8% das espécies capturadas foram de pequeno porte, 41,4% de médio porte e 13,8% de grande porte.

A proporção sexual entre os indivíduos capturados para cada espécie, considerando apenas as espécies que tiveram mais de 10 exemplares capturados, mostrou diferença significativa, através do teste do χ^2 , apenas para as espécies *Psalidodon aff. fasciatus* e *Salminus hilarii* com predomínio de machos e *Astyanax lacustris* e *Oligosarcus paranensis* com predomínio de fêmeas para as espécies analisadas no teste do χ^2 (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 – Tamanho mínimo, máximo e médio, porte, proporção de fêmeas e machos e teste do χ^2 das espécies capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

Espécies	N	Comprimento padrão (cm)			Porte	%		X ²
		Mínimo	Máximo	Média		Fêmeas	Machos	
<i>Apareiodon affinis</i>	7	8,9	10,3	9,6	Pequeno	-	-	-
<i>Astyanax lacustris</i>	94	5,4	11,9	8,7	Pequeno	60,6	39,4	10,81
<i>Corydoras longipinnis</i>	49	4,8	12,0	5,1	Pequeno	40,8	59,2	2,79
<i>Eigenmannia trilineata</i>	1	21,8	21,8	21,8	Médio	-	-	-
<i>Geophagus iporangensis</i>	39	8,6	17,0	11,8	Pequeno	50,0	50,0	0,00
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	1	33,7	33,7	33,7	Médio	-	-	-
<i>Hoplias</i> sp. 2	14	18,8	42,0	29,0	Grande	30,8	69,2	2,78
<i>Hypostomus albopunctatus</i>	5	15,0	21,0	19,0	Médio	-	-	-
<i>Hypostomus ancistroides</i>	8	11,3	20,0	15,8	Médio	-	-	-
<i>Hypostomus</i> cf. <i>paulinus</i>	5	15,1	19,6	17,1	Pequeno	-	-	-
<i>Hypostomus commersoni</i>	15	14,0	27,0	19,5	Médio	27,3	72,7	3,13
<i>Hypostomus hermanni</i>	6	10,6	18,5	14,0	Pequeno	-	-	-
<i>Hypostomus regani</i>	1	8,6	8,6	8,6	Pequeno	-	-	-
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	2	17,0	18,5	17,8	Pequeno	-	-	-
<i>Iheringichthys labrosus</i>	28	9,0	25,6	16,1	Médio	57,1	42,9	1,33
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	1	13,7	13,7	13,7	Pequeno	-	-	-
<i>Leporinus octofasciatus</i>	19	13,4	30,0	21,0	Médio	40,0	60,0	0,33
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	19	13,5	43,5	28,1	Grande	52,9	47,1	0,13
<i>Megaleporinus piavussu</i>	8	28,5	44,5	35,1	Grande	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i>	45	7,6	15,1	11,3	Pequeno	62,2	37,8	7,12
<i>Piabina argentea</i>	2	4,6	5,0	4,8	Pequeno	-	-	-
<i>Pimelodella gracilis</i>	2	8,0	8,6	8,3	Pequeno	-	-	-
<i>Pimelodus maculatus</i>	6	10,0	24,7	17,7	Médio	-	-	-
<i>Pimelodus microstoma</i>	12	8,6	20,0	12,6	Médio	33,3	66,7	2,00
<i>Prochilodus lineatus</i>	8	13,0	47,5	26,8	Grande	-	-	-
<i>Psalidodon fasciatus</i>	609	6,0	11,0	8,1	Pequeno	42,8	57,2	6,31
<i>Rhamdia quelen</i>	3	17,5	23,5	21,3	Médio	-	-	-
<i>Salminus hilarii</i>	51	9,1	25,7	15,4	Médio	37,8	62,2	4,32
<i>Schizodon nasutus</i>	54	11,5	31,5	20,9	Médio	51,9	48,1	0,16

A frequência reprodutiva (Figura 7.5) dos peixes capturados na área de influência da UHE Tibagi Montante mostrou predomínio de indivíduos em repouso gonadal (Rep) em todos os locais de amostragem. Os indivíduos em reprodução (Rpd) obtiveram baixas frequências nesta amostragem, com as maiores frequências nos locais PAS (15,27%) e INT (15,48%).

Em relação as 10 principais espécies capturadas (Figura 7.6), a espécie *Salminus hilarii* apresentou em sua maioria indivíduos imaturos (Imt) e a espécie *Astyanax lacustris*

as maiores frequências de indivíduos em reprodução (Rpd). As demais espécies apresentaram maior ocorrência de indivíduos com gônadas em repouso (Rep) (Figura 7.5).

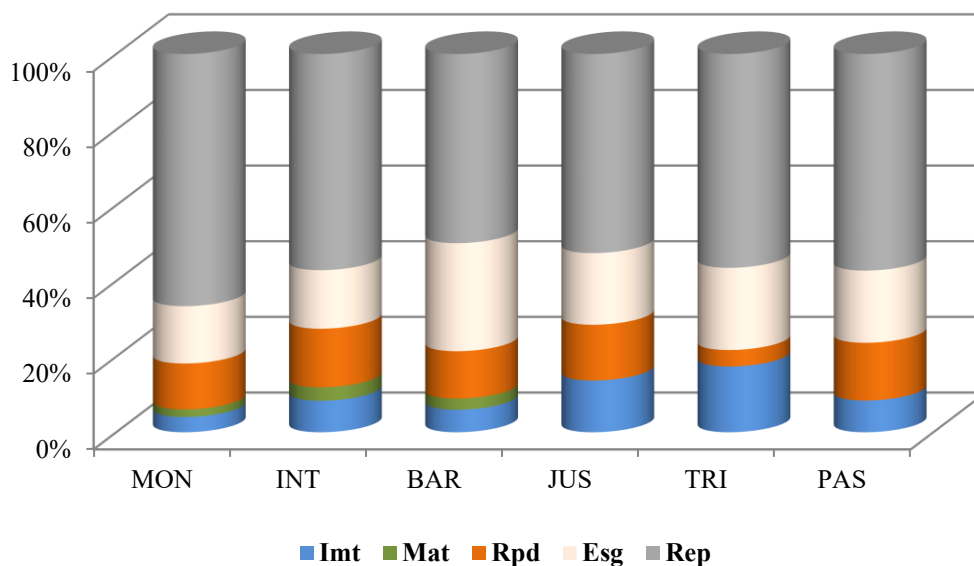


Figura 7.5 – Frequência reprodutiva dos indivíduos capturados em cada local de amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

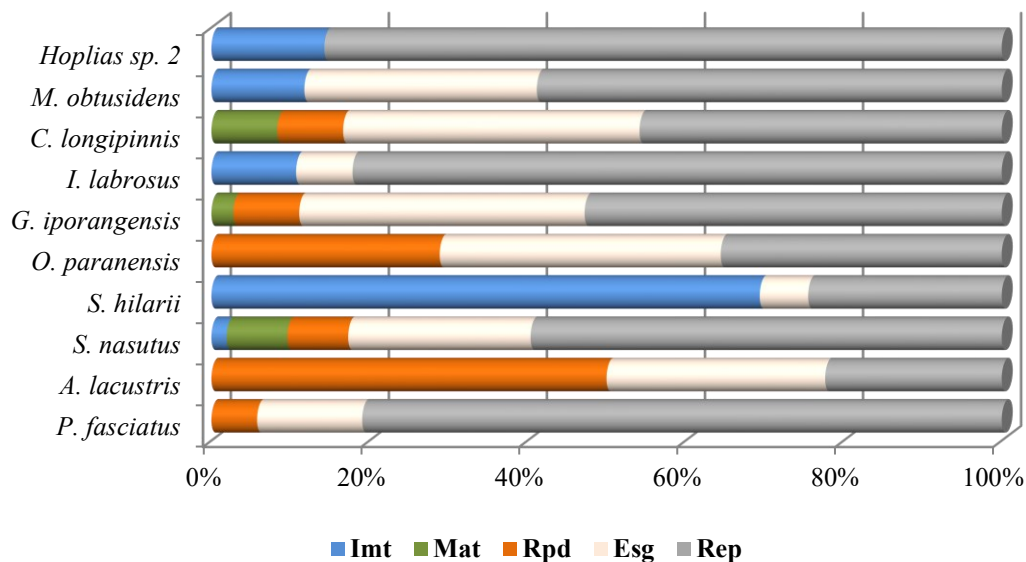


Figura 7.6 – Frequência reprodutiva das principais espécies capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

- **Espécies migradoras de longa distância (MIG)**

Entre os seis locais de amostragem da UHE Tibagi Montante, foram registradas espécies migradoras de longa distância nos seis locais de amostragem, totalizando 86

indivíduos (Tabela 7.3), com a maior captura nos locais BAR (23 indivíduos), INT e JUS (15 indivíduos). As espécies mais capturadas foram *Salminus hilarii* (51 indivíduos) e *Megaleporinus obtusidens* (19 indivíduos).

Tabela 7.3 – Ocorrência das espécies migradoras de longa distância (MIG) nos locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2024.

Espécies	Locais de Amostragem					
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
<i>S. hilarii</i>	4	7	10	11	6	13
<i>M. obtusidens</i>	1		10	4	1	3
<i>M. piavussu</i>	4		3			1
<i>P. lineatus</i>		8				
Total Geral	9	7	23	15	7	17

Em relação à atividade reprodutiva das espécies migradoras de longa distância (Figura 7.7), nos locais MON, INT, JUS e TRI houve o predomínio de indivíduos imaturos (Imt = 100,0%; 53,8%; 46,7% e 66,7%, respectivamente), enquanto nos locais BAR e PAS as maiores frequências foram de indivíduos em repouso gonadal (Rep). Nesta coleta, nenhuma espécie migradora de longa distância apresentou as gônadas em maturação (Mat) ou em reprodução (Rpd), o que já é esperado para esta época do ano. No local JUS, o único exemplar de *Megaleporinus obtusidens* encontrava-se com as gônadas esgotadas (Esg), enquanto no local TRI, os dois exemplares capturados de *M. obtusidens* apresentaram as gônadas esgotadas (Esg) e em repouso gonadal (Rep).

Quando analisada a atividade reprodutiva das espécies migradoras de longa distância (Figura 7.8), a espécie *Salminus hilarii* apresentou 69,4% dos exemplares imaturos (Imt). As espécies *Megaleporinus obtusidens*, *Megaleporinus piavussu* e *Prochilodus lineatus* apresentaram suas gônadas em sua maioria exemplares com indivíduos em repouso gonadal (Rpd = 58,8%; 83,3% e 100,0%, respectivamente).

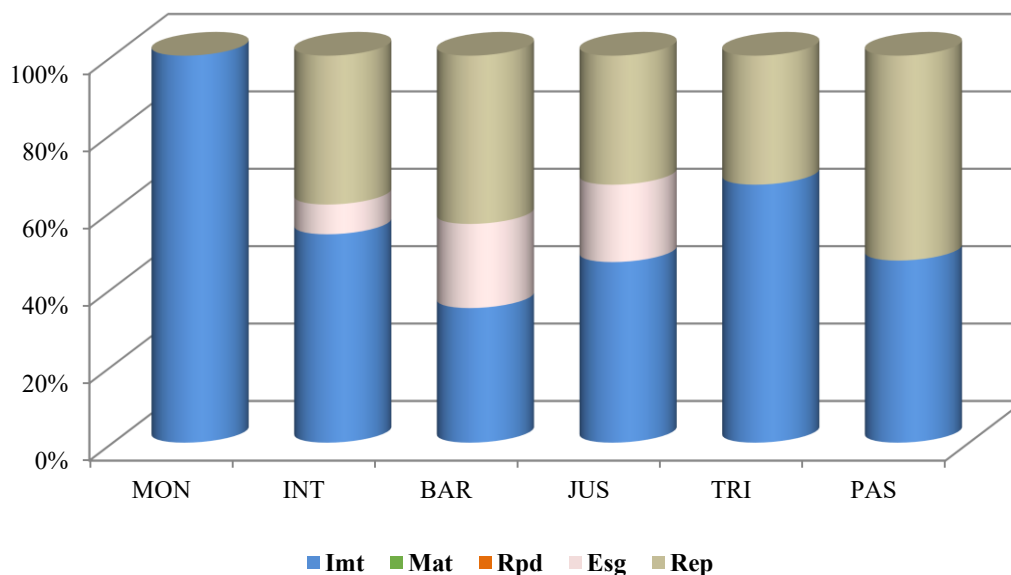


Figura 7.7 – Frequência reprodutiva dos indivíduos capturados em cada local de amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

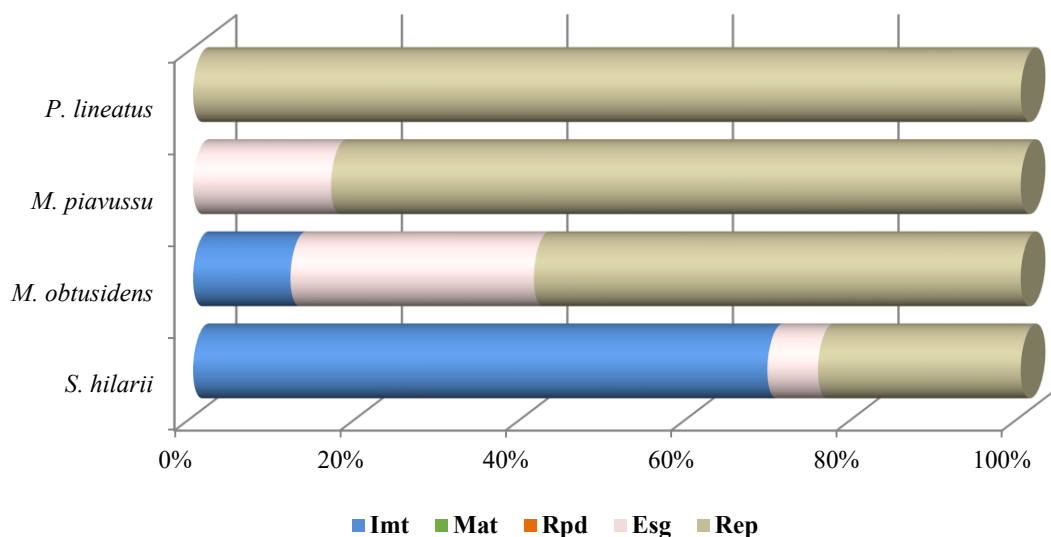


Figura 7.8 – Frequência reprodutiva das espécies migradoras de longa distância capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no outono de 2024.

• Atividade Alimentar

Em relação à atividade alimentar (Figura 7.9), todos os locais de amostragem apresentaram indivíduos com vestígios de alimento no estômago, porém a maior frequência de indivíduos com GR-2 e GR-3 foi verificada no local MON (GR-2 = 18,3% e GR-3 = 10,9%). Em todos os locais analisados a maior frequência foi de GR-0 (estômago vazio) e GR-1 (parcialmente vazio), com exceção do local BAR onde houve predomínio de estômagos com GR-1.

De acordo com a Tabela 7.4, verificou-se a presença de 5 guildas tróficas para as 29 espécies capturadas no rio Tibagi na área de influência da UHE Tibagi Montante, com predomínio de espécies detritívoras (9 espécies), herbívoras (6 espécies), onívoras (6 espécies), insetívoras (6 espécies) e piscívoras (2 espécies).

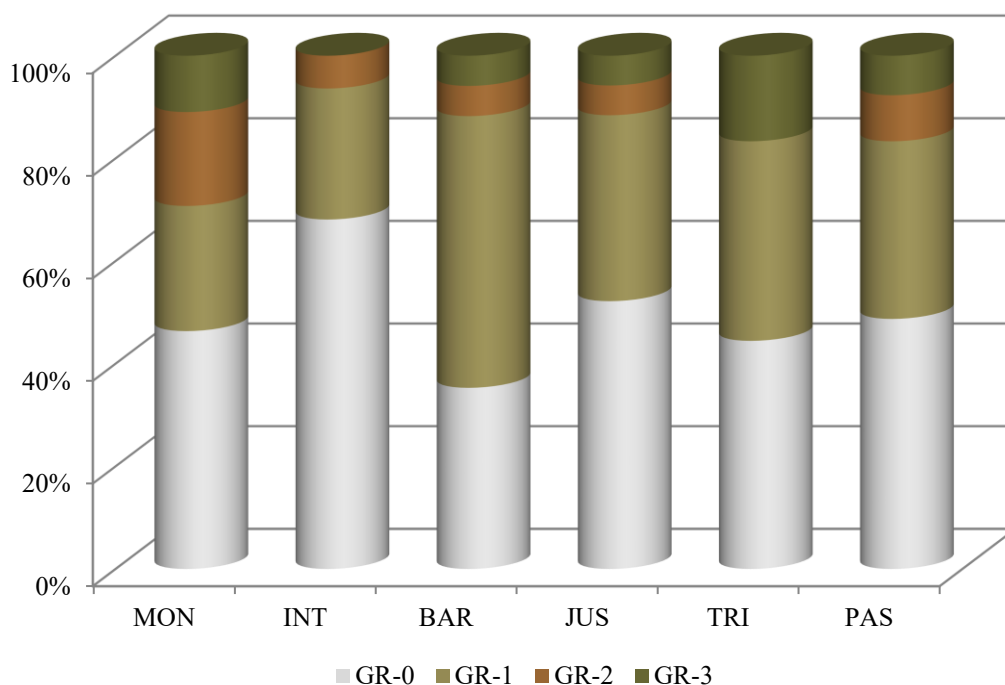


Figura 7.9 - Atividade alimentar em função dos diferentes graus de repleção gástrica (GR=0; GR=1; GR=2; GR=3) registrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2024.

Tabela 7.4 - Guildas tróficas das espécies amostradas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2024.

Espécies	Categorias tróficas	Espécies	Categorias tróficas
<i>Corydoras longipinnis</i>	detritívora	<i>Astyanax lacustris</i>	herbívoras
<i>Hypostomus albopunctatus</i>		<i>Iheringichthys labrosus</i>	
<i>Hypostomus ancistroides</i>		<i>Leporinus octofasciatus</i>	
<i>Hypostomus cf. paulinus</i>		<i>Piabina argentea</i>	
<i>Hypostomus regani</i>		<i>Pimelodus microstoma</i>	
<i>Hypostomus strigaticeps</i>		<i>Psalidodon aff. fasciatus</i>	piscívora
<i>Hypostomus commersoni</i>		<i>Hoplias sp. 2</i>	
<i>Hypostomus hermanni</i>		<i>Salminus hilarii</i>	
<i>Prochilodus lineatus</i>		<i>Apareiodon affinis</i>	insetívora
<i>Megaleporinus piavussu</i>	onívora	<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	
<i>Geophagus iporangensis</i>		<i>Megaleporinus obtusidens</i>	

Espécies	Categorias tróficas	Espécies	Categorias tróficas
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>		<i>Oligosarcus paranensis</i>	
<i>Pimelodella gracilis</i>		<i>Eigenmannia trilineata</i>	
<i>Rhamdia quelen</i>		<i>Pimelodus maculatus</i>	
<i>Schizodon nasutus</i>			

• Comparação entre as fases de Pré e Pós-enchimento

Até o presente momento foram realizadas 28 coletas do Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Tibagi Montante, com nove coletas (abril de 2017 a julho de 2019) antes do enchimento do reservatório (fase pré enchimento) e 19 coletas no período pós enchimento (outubro de 2019 a abril de 2024). Ao todo foram registradas 74 espécies de peixes (Tabela 7.5), pertencentes a 6 ordens e 19 famílias, deste total, 64 espécies foram registradas na fase de pré enchimento do reservatório e 68 espécies na fase pós-enchimento, sendo que:

- 06 espécies foram capturadas somente no período anterior ao enchimento, sendo elas: *Brycon nattereri*, *Gymnotus pantanal*, *Hypostomus* cf. *nigromaculatus*, *Heptapterus longicauda*, *Oligosarcus pintoii* e *Psalidodon* aff. *paranae*.
- 10 espécies foram registradas apenas após a formação do reservatório, sendo elas: *Bryconamericus exodon*, *Bryconamericus turiuba*, *Cichlasoma paranaense*, *Coptodon rendalli*, *Neoplecostomus yapo*, *Hyphessobrycon boulengeri*, *Hoplias mbigua*, *Odontostilbe* cf. *avanhandava*, *Piaractus mesopotamicus* e *Synbranchus marmoratus*.
- 58 espécies foram registradas nas duas fases (pré e pós).

Importante enfatizar, que o não registro de algumas espécies que ocorreram anteriormente a formação do reservatório, não significa que as mesmas foram extintas, tampouco, o registro de novas espécies na fase de operação (pós), pode ser atribuída a introduções, exceto *Coptodon rendalli* (tilápia) que certamente é devido ao escape de pisciculturas.

Tabela 7.5 - Enquadramento taxonômico e ocorrência das espécies, considerando as fases de Pré e Pós Enchimento do Reservatório, na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, seguindo Van Der Laan (2021), levando-se em consideração a estratégia reprodutiva (SSP=sedentária ou migrador de curta distância sem cuidado parental; SCC=sedentária ou migrador de curta distância com cuidado parental; SFIE=sedentário ou migrador de curta distância com fecundação interna e desenvolvimento externo; SFII= sedentário ou migrador de curta distância com fecundação interna e desenvolvimento interno; MIG=migrador de longa distância). *espécies capturadas exclusivamente na fase pré enchimento, ** espécies capturadas exclusivamente na fase pós-enchimento.

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
CHARACIFORMES				
Crenuchidae				
Characidium aff. zebra Eigenmann, 1909	Charutinho	SSP	2	24
Erythrinidae				
**Hoplias mbigua Azpelicueta, Benítez, Aichino & Mendez 2015	Traíra	SCC		32
Hoplias sp. 2	Traíra	SCC	6	360
Serrasalmidae				
Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)	Pacu	MIG		1
Parodontidae				
Apareiodon affinis (Steindachner, 1879)	Canivete	SSP	30	726
Apareiodon ibitiensis Amaral Campos, 1944	Canivete	SSP	3	29
Apareiodon piracicabae (Eigenmann, 1907)	Canivete	SSP	119	51
Parodon nasus Kner, 1859	Canivete	SSP	50	138
Anostomidae				
Leporellus vittatus (Valenciennes, 1850)	Solteira	SSP	2	20
Leporinus amblyrhynchus Garavello & Britski, 1987	Piau	SSP	220	1.107
Leporinus friderici (Bloch, 1794)	Piau-três-pintas	SSP	11	16
Leporinus octofasciatus Steindachner, 1915	Piau-flamengo	SSP	399	539
Leporinus striatus Kner, 1858	Piau-listrado	SSP	70	110
Megaleporinus obtusidens (Valenciennes, 1837)	Piapara	MIG	220	548
Megaleporinus piavussu (Britski, Birindelli & Garavello, 2012)	Piapara	MIG	8	41

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
<i>Schizodon altoparanae</i> Garavello & Britski, 1990	Piau-bosteiro	SSP	65	12
<i>Schizodon nasutus</i> Kner, 1858	Ximboré	SSP	130	1.242
Prochilodontidae				
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)	Curimba	MIG	24	75
Bryconidae				
* <i>Brycon nattereri</i> Günther, 1864	Pirapitinga	MIG	1	
<i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)	Dourado	MIG	1	1
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes, 1850	Tabarana	MIG	132	267
Characidae				
** <i>Hyphessobrycon boulengeri</i> (Eigenmann 1907)	Piquira	SSP		3
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	Lambari	SSP	114	5.098
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger, 1887)	Lambarizinho	SSP	4	168
** <i>Bryconamericus exodon</i> Eigenmann, 1907	Lambarizinho	SSP		38
** <i>Bryconamericus turiuba</i> Langeani; Lucena; Pedrini & Tarelho-Pereira, 2005	Piquira	SSP		1
<i>Knodus moenkhausii</i> (Eigenmann & Kennedy, 1903)	Piquira	SSP	2	6
** <i>Odontostilbe avanhandava</i> Chuctaya, Bührnheim, Malabarba, 2018	Lambarizinho	SSP		2
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry, 1983	Saicanga	SSP	102	2.699
* <i>Oligosarcus pinto</i> Amaral Campos 1945	Saicanga	SSP	1	
<i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann, 1908)	Piquira	SSP	112	442
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867	Piquira	SSP	209	578
<i>Psalidodon</i> aff. <i>bockmanni</i> (Vari & Castro, 2007)	Lambari	SSP	4	453
<i>Psalidodon</i> aff. <i>fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	Lambari	SSP	1.605	5.197
* <i>Psalidodon</i> aff. <i>paranae</i> (Eigenmann, 1914)	Lambari	SSP	1	
<i>Serrapinnus notomelas</i> (Eigenmann, 1915)	Piquira	SSP	2	89
GYMNOTIFORMES				
Sternopygidae				

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
<i>Eigenmannia trilineata</i> López & Castello, 1966	Espadinha	SSP	2	29
<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes, 1847)	Espadinha	SSP	2	7
Gymnotidae				
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i> (Valenciennes, 1839)	Morenita	SSP	4	13
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert & Fernandes-Matioli, 1999	Morenita	SSP	1	4
* <i>Gymnotus pantanal</i> Fernandes, Albert, Daniel-Silva, Lopes, Crampton & Almeida-Toledo, 2005	Morenita	SSP	1	
SILURIFORMES				
Trichomycteridae				
<i>Paravandellia oxyptera</i> Miranda-Ribeiro, 1912	Candiru-vampiro	SI	2	9
Callichthyidae				
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	Caboja	SCC	1	1
<i>Corydoras ehrhardti</i> Steindachner, 1910	Coridoras	SSP	1	9
<i>Corydoras longipinnis</i> Knaack 2007	Coridoras	SSP	38	722
Loricariidae				
<i>Hypostomus albopunctatus</i> (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	33	322
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering 1911)	Cascudo	SCC	62	291
* <i>Hypostomus</i> cf. <i>nigromaculatus</i> (Schubart, 1967)	Cascudo	SCC	1	
<i>Hypostomus</i> cf. <i>paulinus</i> (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC	151	1.489
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	154	475
<i>Hypostomus commersoni</i> Valenciennes, 1836	Cascudo-avião	SCC	31	121
<i>Hypostomus hermanni</i> (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC	111	1.105
<i>Hypostomus margaritifer</i> (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	43	89
<i>Hypostomus microstomus</i> Weber, 1987	Cascudo	SCC	40	36
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)	Cascudo	SCC	54	399
<i>Megalancistrus parananus</i> (Peters, 1881)	Cascudo-abacaxi	SCC	4	14
<i>Neoplecostomus yapo</i> Zawadzki, Pavanelli & Langeani, 2008	Cascudinho	SCC		8

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
Heptapteridae				
*Heptapterus longicauda (Borodin 1927)	Cascudinho	SSP	2	
Imparfinis mirini Haseman 1911	Bagrinho	SSP	10	70
Imparfinis schubarti (Gomes, 1956)	Bagrinho	SSP	12	2
Pimelodella gracilis (Vallenciennes, 1835)	Bagrinho	SSP	6	14
Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)	Bagre	SSP	92	227
Pimelodidae				
Iheringichthys labrosus (Lütken, 1864)	Mandi-beiçudo	SSP	396	730
Pimelodus argenteus Perugia 1891	Mandi	SSP	1	7
Pimelodus maculatus La Cépède, 1803	Mandi-amarelo	SSP	25	1.342
Pimelodus microstoma Steindachner, 1877	Mandi	SSP	289	662
Pimelodus paranaenses Britski & Langeani 1988	Mandi	SSP	2	9
Steindachneridion scriptum (Miranda-Ribeiro, 1918)	Sorubim	SSP	3	4
Pseudopimelodidae				
Pseudopimelodus mangurus (Valenciennes, 1835)	Bagre-sapo	SSP	4	9
CICHLIFORMES				
Cichlidae				
**Cichlasoma paranaense Kullander, 1983	Cará	SCC		2
**Coptodon rendalli (Boulenger, 1897)	Tilápia	SCC		2
Geophagus iporangensis Haseman, 1911	Cará	SCC	12	501
CYPRINODONTIFORMES				
Poeciliidae				
Phalloceros harpagos Lucinda, 2008	Barrigudinho	SFII	1	2
SYNBRANCHIFORMES				
Synbranchidae				
**Synbranchus marmoratus Bloch, 1795	Mussum	SSP		1

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
Total Geral			5.240	28.840

Segundo Baumgartner et al. (2016), com a formação do reservatório ocorre um aumento da abundância das espécies, principalmente das forrageiras, no entanto, após algum tempo esta abundância decresce, porém, deverá ficar em um nível mais alto que o verificado na fase de pré enchimento, porém essa afirmação só poderá ser definitivamente constatada com a continuidade do monitoramento da comunidade de peixes na área da UHE Tibagi Montante.

Entre as espécies migradoras de longa distância, foram registradas até o momento sete (7) espécies (*Brycon nattereri*, *Megaleporinus obtusidens*, *Megaleporinus piavussu*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus*, *Salminus brasiliensis* e *Salminus hilarii*).

Com relação ao status de conservação das espécies, considerando todo o período analisado, de acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente, apenas a espécie *Steindachneridion scriptum* foi categorizada como “EN” “Em Perigo”, e teve ocorrência em ambas as fases, com três exemplares na fase pré-enchimento e quatro na fase pós-enchimento.

7.3 Considerações Finais

Na presente amostragem da UHE Tibagi Montante, referente ao Outono de 2024, foram registradas 29 espécies de peixes, sendo este número inferior ao registrado na coleta anterior (32 espécies), e inferior à média de todo o período de monitoramento (34 espécies).

Entre as espécies capturadas, ressalta-se a presença de *Megaleporinus obtusidens*, *Megaleporinus piavussu*, *Prochilodus lineatus* e *Salminus hilarii* espécies migradoras que necessitam de longos trechos de rio para realizarem seus processos reprodutivos, sendo que esses peixes já haviam sido registrados anteriormente, nos períodos pré e pós enchimento do reservatório, a montante e a jusante do barramento.

Os maiores índices de diversidade e equitabilidade foram registrados nos locais INT e TRI. Para o índice riqueza de espécies, os locais MON, INT e BAR apresentaram os maiores valores.

As espécies mais capturadas com redes de espera em número de indivíduos foram *Psalidodon aff. fasciatus*, *Astyanax lacustris* e *Schizodon nasutus*, enquanto em biomassa as maiores CPUEs foram registradas para *Schizodon nasutus*, *Megaleporinus obtusidens* e *Psalidodon aff. fasciatus*.

Nesta amostragem foram capturados indivíduos de pequeno, médio e grande porte, sendo que os maiores indivíduos pertenceram às espécies *Prochilodus lineatus*, *Megaleporinus piavussu* e *Megaleporinus obtusidens*, enquanto os menores exemplares pertencem às espécies *Piabina argentea* e *Corydoras longipinnis*.

A atividade alimentar foi registrada em todos os locais, identificando-se 5 guildas tróficas, sendo 9 espécies detritívoras, 6 espécies herbívoras, 6 espécies onívoras, 6 espécies insetívoras e 2 espécies piscívoras.

Em relação à atividade reprodutiva, tanto nos locais de amostragem e para as principais espécies capturadas, foi verificada a presença dos cinco estádios de maturação gonadal, sendo que grande parte dos indivíduos se encontrava com gônadas em repouso gonadal (Rep). Esses resultados demonstram que na área de estudo, o pico reprodutivo já ocorreu, como demonstrado na coleta anterior (com predominância de indivíduos em reprodução).

Para as espécies migradoras de longa distância, houve uma maior abundância em relação à coleta anterior, com ocorrência nos seis locais de coleta, sendo que o local BAR apresentou a maior abundância. Ainda sobre estas espécies, destaca-se a alta frequência de exemplares imaturos (Imt), principalmente acima do barramento da UHE Tibagi Montante, demonstrando que elas desenvolvem sua atividade reprodutiva na área de influência da usina e a montante do reservatório.

Para esta campanha, nenhuma espécie foi registrada como ameaçada de extinção, de acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente. Porém, durante todo o programa, como já mencionado, foi registrada apenas a espécie *Steindachneridion scriptum*, que consta na lista de espécies ameaçadas.

De maneira geral, os estudos realizados até o momento confirmaram que os trechos do rio Tibagi, tanto a montante quanto a jusante da UHE Tibagi Montante, reúnem condições adequadas para a manutenção das espécies migradoras de longa distância existentes na Área de Influência deste empreendimento, ressaltando ainda a identificação de indivíduos jovens e imaturos ao longo das áreas de amostragem, mostrando que, embora a implantação do empreendimento constitua barreira física, a comunidade ictiofaunística segue viável tanto na porção montante quanto a jusante do empreendimento.

Soma-se a isso, a existência de rotas migratórias a jusante nos rios Tibagi e Iapó, com cerca de 116 km de extensão, bem como a montante, pelo próprio rio Tibagi, com pelo menos 192 km de extensão livre, que em linha com os estudos de Pelicice et al. (2012) por

constituírem trechos livres com mais de 100 km de extensão são suficientes para a manutenção de espécies migradoras de longas distâncias.

Tendo em vista os resultados supracitados e a manutenção do ictioplâncton, é possível afirmar que os trechos livres presentes constituem ambientes de desova e criadouros, corroborando o entendimento de Pelicice et al (2012), ou seja, os trechos livres, tanto a montante como a jusante, reúnem as condições necessárias para a ictiofauna migratória.

Por fim, cumpre ainda lembrar que a UHE Mauá, localizada no rio Tibagi cerca de 120 km a jusante da UHE Tibagi Montante, não possui Mecanismo de Transposição de Peixes (“STP”) e, portanto, estabelece barreira física às espécies migradoras. Segundo os levantamentos de Lactec (2013) 03 (três) das 06 (seis) espécies migradoras de longas distâncias registradas previamente ao enchimento da UHE Mauá foram inventariadas após a formação do reservatório, sendo elas: *Leporinus elongatus* = *Megaleporinus obtusidens* (piapara), *Pimelodus maculatus* (mandi) e *Prochilodus lineatus* (curimba). Destas, as espécies *Megaleporinus obtusidens* e *Prochilodus lineatus* são identificadas a montante e a jusante da UHE Tibagi Montante.

Cabe ressaltar, no que concerne a espécie *Pimelodus maculatus*, esta apresenta sucesso reprodutivo em reservatórios, não necessitando de longos trechos lóticos para realizar sua desova (Agostinho et al., 2003), deste modo, esta espécie tem sido aqui, considerada como sedentária ou migradora de curta distância, sem cuidado parental (SSP).

Por todo o exposto conclui-se por não se recomendar a instalação de STP, dado a ausência de justificativa ecológica e benefício ambiental, bem como os riscos de resultar em impactos negativos sobre a ictiofauna, conforme ampla discussão que envolve a implantação de mecanismos dessa natureza em cenários sem claro benefício. Sendo assim, reforça-se o entendimento originalmente trazido no EIA no sentido de contraindicar, não só a implantação de mecanismos de transposição, mas também eventuais ações de “repovoamento” do reservatório. De todo modo, a continuidade do monitoramento embasará avaliações contínuas do tema, em conjunto com o corpo técnico do IAT.

8. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997.

Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. 2007. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. EDUEM, Maringá.

Alceste, C.; Jorry, D. E. 1998. Análisis de las tendencias actuales en la comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. Anais... Recife: SIMBRAq. p. 349-364.

Almeida, V. L. S.; Dantas, E. W.; Melo-Júnior, M.; Bittencourt-Oliveira, M. C. & Moura, A. N. Zooplanktonic community of six reservoirs in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 79-87, 2009.

Alves, G. M.; Velho, L. F. M.; Costa, D. M. & Lansac-Tôha, F. A. Size structure of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats from a lake in the upper Paraná River floodplain. **European Journal of Protistology**, v. 48, n. 3, p. 169-177, 2012.

Amaral, M.C.E.; Bittrich, V.; Faria, A.D.; Anderson, L.O.; Aona, L.Y.S. 2008. **Guia de Campo para Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo**. Holos Editora, Ribeirão Preto. 452p.

American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24 ed. Washington: APHA, 2023, 1496 p

ANA – Agência Nacional de Águas. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb-mobile/mapa/historico-estacao/02450077/detalhe>. Acessado em 15 de abril de 2024.

Arrieira, R. L.; Alves, G. M.; Schwind, L. T. F. & Lansac-Tôha, F. A. Local factors affecting the testate amoebae community (Protozoa: Arcellinida; Euglyphida) in a neotropical floodplain. **Journal of Limnology**, v. 74, n. 3, p. 444-452, 2015.

Ayres, R.S.; Westcot, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, irrigação e Drenagem 29, revisado 1).

Azevedo, F.A.; Chasim, A.A.M. Metais: Gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu Editora/InterTox, 2003. 554p.

Baumgartner, M.T.; Baumgartner, G.; Gomes, L.C. The effects of rapid water level changes on fish assemblages: The case of a spillway gate collapse in a Neotropical reservoir. **River Research and Applications**. Prévia online, DOI: 10.1002/rra.3110

Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2005. **Gêneros de algas continentais do Brasil** (Chave para identificação e descrições). São Carlos, RiMa. 489p.

Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos: RIMA.

- Bicudo, C.E.M.; Bicudo, R.M.T. 1970. **Algas de águas continentais brasileiras-chave ilustrada para identificação de gêneros**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências. São Paulo. 227p.
- Biguelini, C. P.; Gummy, M. P. 2012. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região Sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, Cascavel, v. 14, n. 20, p. 153-175.
- Bispo, P. C. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: Nessimian, J. L.; Carvalho, A. L. E. (Ed.). **Ecologia de insetos aquáticos**. Rio de Junho: **PPGE-UFRJ**, 1998. cap. 13. (Series Oecologia Brasiliensis, 5). 2006.
- Bles, E. J. Arcella. A Study in Cell Physiology. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 72, p. 527-648, 1929.
- Bolaños, M.L.R. et al. Phenol degradation in horizontal-flow anaerobic immobilized biomass (haib) reactor under mesophilic conditions. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 167-174, 2001.
- Bonecker, C. C.; Aoyagui, A. S. M. & Santos, R. M. The impact of impoudment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 2, p. 529-537, 2009.
- Bottrell, H.H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurosawa, H.; Larsson, P. & Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. **Northwest Journal of Zoology**, v. 24, p. 419-456.
- Bourrelly, P. 1972. **Lês Algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues vertes**. Ed. N. Boubée, 570 p.
- Bourscheid, Aecogeo, Sigma; Socioambiental. 2012. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE Pai Querê**. Porto Alegre.
- Braga, F.M.S. 1990. Aspectos da reprodução e alimentação de peixes comuns em um trecho do rio Tocantins entre Imperatriz e Estreito, Estados do Maranhão e Tocantins, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, Rio de Junho, 50(3): 547-558.
- Breda, S.L. 2011. **Avaliação espaço - temporal da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Funil – região sul de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 294p.
- Brosse, S., Arbuckle C. J., Townsend, C. R. 2003. Habitat scale and Biodiversity: influence of catchment, stream reach and bedform scales on local invertebrate diversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 2057-2075.
- Brown-Peterson, N.J.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**. v. 3. nº. 1. p. 52 - 70.
- Buzzi, Z.J. 2002. **Entomologia Didática**. Curitiba. UFPR. 4 ed. 347 p.
- Cetesb (Companhia de Tecnologia Ambiental do estado de São Paulo). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes**

líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília; ANA, 2011

Cetesb, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2016. **Relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** CETESB, São Paulo.

Cetesb, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2018. **Relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** CETESB, São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/12/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis.pdf>. Acessado em 08 de abril de 2024.

Cetesb. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2008. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: critérios para avaliação da qualidade de sedimentos.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acessado em 05 de maio de 2018.

Cnec WorleyParsons Engenharia S.A. 2004. **Estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental da UHE Mauá.** São Paulo, 850 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de março de 25, Brasília, SEMA, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 396, de 2006- Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências

Correa, R.S. et al. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v.33, n.4, p.453-462, 2006.

Costa, C.; Ide, S.; Simonka, C.E. 2006. **Insetos Imaturos: metamorfose e Identificação.** Ribeirão Preto. Holos, 249p.

Cruz, H. C. & Fabrizy, N. L. P. Impactos ambientais de reservatórios e perspectivas de uso múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**. v. 4, n. 1, 1995. Disponível em: Acesso em: 06 mai. 2018

Dagosta FCP, Monção MS, Nagamatsu BA, Pavanelli CS, Carvalho FR, Lima FCT, Langeani F, Dutra GM, Ota RR, Seren TJ, Tagliacollo V, Menezes NA, Britski HA, de Pinna M. Fishes of the upper rio Paraná basin: diversity, biogeography and conservation. **Neotrop Ichthyol.** 2024; 22(1):e230066. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2023-0066>.

De Fellipo, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa Goiás. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Maringá: EDUEM, 2003. p. 281-297

De França, V. 2002. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. In: Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). **A bacia do rio Tibagi.** Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. p. 45-61.

de Oliveira Tomé, F. L. F. (2016). Levantamento experimental e computacional do comportamento de uma escada de peixes do tipo ranhura vertical em diferentes vazões e declividades.

- Dias-Koberstein, T.C.R.; Neto, A.G.; De Stéfani, M.V.; Malheiros, E.B.; Zanardi, M.F.; Santos, M.A. 2007. Reversão Sexual de Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por Meio de Banhos de Imersão em Diferentes Dosagens Hormonais. **Rev. Acad.**, Curitiba, v.5, n.4, p. 391-395.
- Dole-Olivier, M. J.; Galassi, D. M. P.; Marmonier, P. & Creuzé Des Châtelliers, M. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. **Freshwater Biology**, v. 44, p. 63-91, 2001.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A. **Cladóceros do Brasil: Famílias Chydoridae e Euryercidae**, 2018. Disponível em: <<http://cladocera.wordpress.com/>>. Acesso em: 14 mai. 2018.
- Elmoor-Loureiro, L.M.A. 1997. **Manual de identificação de Cladocera límnicos do Brasil**. Brasília, Editora Universa. 156p.
- Esteves, F.A. **Fundamentos de Limnologia – 3ª edição**. Editora Interciência. Rio de Junho, Rio de Junho. 862 pp. 2011.
- Fernandes, A. C. M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores Biológicos de Qualidade de Água: Proposta para Elaboração de um Índice de Integridade Biológica**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2007.
- Ferreira, W. R.; Paiva, L. T.; Callisto, M. (2011). Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. *Brazilian Journal of Biology (Online)*, v. 71, p. 1-11.
- Fiorucci, A.R., Benedetti Filho, E.B. 2005. A importância do Oxigênio Dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, v. 22, p. 10-16.
- Francheschini, I.M., Burliga, A.L., Reviers, B., Prado, J.F & Rezig, S.H. 2010. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed: Porto Alegre.
- Funasa. Fundação Nacional de Saúde. 2013. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 150 p.
- Gerpel/Ineo 2019. **Manual de Retirada de Amostras de Água**. Revisão 00, 16p.
- Giuliatti, Talma Lucia; Carvalho, Emerson Machado. **Distribuição das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS. Interbio** v.3 n.1 2009 - ISSN 1981-3775 2009.
- Goulart, M.; Callisto, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n.1, 2003.
- Gubiani, E.A.; Daga, V.S.; Frana, V.A.; Graça, W.J. 2010. Fish, Toledo urban streams, São Francisco Verdadeiro River drainage, upper Paraná River basin, state of Paraná, Brazil. **Check List**, 6(1): 45-48.
- Gubiani, E.A.; Holzbach, A.J.; Baumgartner, G.; Rezende Neto, L.B.; Bergmann, F. 2006. Fish, Piquiri River, Upper Paraná River Basin, Paraná State, Brazil. **Check List**, 2(3): 9-14.
- Guiry, M. D.; Guiry, G. M. 2024. **AlgaeBase**: World-wide electronic publication. Galway, Ireland: Ryan Institute, National University of Ireland, 2019. Disponível em: <https://www.algaebase.org>. Acesso em: 04 abr. 2024.

Hepp, L.U.; Restello, R.M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. **In: Zakrzewski, S.B. Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares.** Erechim, Edifapes, p. 75-86, 2007.

Ineo/Gerpel/Biopescas. 2015. Monitoramento da Qualidade da água, Limnologia e Ictiofauna da futura UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi. **Relatório Técnico.** 166p.

Inmetro. 2017. ABNT ISSO/IEC 17025: **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.** 37p.

Inmetro. 2017. DICLA 057-02: **Critérios para acreditação da amostragem para ensaios de águas e matrizes ambientais.** 21p.

Instituto Ambiental do Paraná (IAP). 2003. Avaliação da Qualidade da Água Através dos Macroinvertebrados Bentônicos - Índice BMWP. Disponível em <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=50>. Acessado em 20 de maio de 2018.

IAT. Qualidade das Águas da bacia do Tibagi, no Período de 2016 a 2023. Instituto Água e Terra, Curitiba, 2023, 98 p.

ISO. ISO 5667-4: **Water quality – Sampling – Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made.**

ISO. ISO 5667-6: **Water Quality – Sampling – Part: 6 - Guidance on Sampling of rivers and streams.**

Jarduli, L.R.; Garcia, D.A.Z.; Vidotto-Magnoni, A.P.; Casimiro A.C.R.; Vianna, N.C.; Aleira, F.S. Fish fauna from the Parapanema River basin, Brazil. **Biota Neotrop.** 2020; 20(1):e20180707. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0707>
» <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0707>

Jonasson, P.M. 1996. **Limits for life in the lake ecosystem.** Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, vol. 26, p. 1-33.

Komárek, J. & Foot, B. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie. 7. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Pp. 1-1044. In: H.J. Elster. & W. Ohle, (eds.). **Die Binnengewässer. Stuttgart, Begründet von August Thienemann.**

Koste, W. 1978. Rotatoria Die Radertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. Berlin: **Gebrüder Borntraeger.** v.1.

Kosten, S.; Piñero, M.; Goede, E.; Klein, J.; Lamers, L. P. M.; Ettwig, K. Fate of methane in aquatic systems dominated by free-floating plants. **Water Research**, v. 104, p. 200-207, 2016.

Krebs, C.J. 1999. **Ecological methodology.** 2. ed. New York: Benjamin/Cummings.

Lamparelli, M.C. 2004. Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento. 238 p. **Tese (Doutorado)-** Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lansac-Tôha, F.A., Bonecker, C.C., Velho, L.F.M., Simões, N.R., Dias, J.D., Alves, G.M. & Takahashi, E.M., 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 539-549.

Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Simões, N.R., Costa, D.M. & Alves, G.M., 2014. Structure of the Testate Amoebae Community in Different Habitats in a Neotropical Floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 181-190.

Lima, A.F.; Lansac-Tôha, F.A.; Bonecker, C.C. 1996. Zooplankton in the floodplains of a tributary to the Paraná River in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Studies Neotropical Fauna Environmental**, v. 31, p. 112-116.

Lopes, R.M., Lansac-Tôha, Fa., Vale, R. & Serafim-Júnior, M., 1997. Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM. p. 39-60.

Lowe-McConnell, R.H. 1999. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Edusp, São Paulo

Lucena, L. C. A.; Melo, T. X.; Medeiros, E. S. F. Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 118-129, 2015.

Lund, J. W. G., Kipling C. & Lecren, E. D. 1958. **The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting**. *Hydrobiologia* 11: 980-985.

Maack, R. 1981. **Geografia física do estado do Paraná**. 2a ed. J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. Rio de Junho/Curitiba.

Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 179 p.

Maia-Barbosa, P.M., Menendez, R.M., Pujoni, D., Brito, S.L., Aoki, A. & Barbosa, F.A.R. **Zooplankton (Copepoda, Rotifera, Cladocera and Protozoa: Amoeba Testacea) from natural lakes of the middle Rio Doce basin, Minas Gerais, Brazil**. *Biota Neotropica*, 2014, 14(1), 1-20.

Manahan, S.E. **Química ambiental**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Martins, D.; Costa, N. V.; Terra, M. A.; Marchi, S. R. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 26, p. 17- 32, 2008

Matsumura-Tundisi, T. Latitudinal distribution of calanoid copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 3, p. 527-533, 1986.

Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J.G., Souza-Soares, F. & Tundisi, J.E.M. Zooplankton community structure of the lower Xingu River (PA) related to the hydrological cycle. **Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia**, 2015, 75(3), S47-S54. Supplement 1

- McCafferty, W.P. 1981. **Aquatic Entomology: the fishermen's and ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives**. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Boston. 448p.
- Mccune, B. & Grace, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. M.J.M Software, Gleneden beach, oregon, USA. <http://www.pcord.com>, p. 304, 2002.
- McCune, B.; Mefford, M.J. 2011. **PC-ORD: multivariate analysis of ecological data**. Version 6.08. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). 2002. **A bacia do rio Tibagi**. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. 601 p.
- Mendes, J. & Ludka, I. 2007. **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional**: Estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos* 15(1): 67-79.
- Mendes, P.P. 1999. **Estatística aplicada a aqüicultura**. Recife. Bagas.
- Mendonça, F.A. & Danni-Oliveira, I.M. 2002. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. *In*: Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. p. 63-66.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. Tropical diatoms of South America I. *Iconogr. Diatomologica* 5: 1-695.
- Meurer, F. et al. 2005. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para tilápia do nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 1-6.
- Meurer, F.; Hayashi, C.; Soares, C.M. 2000. Utilização de levedura spray dried na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 479-484.
- Mugnai, R.; Nessimian, J.L.; Baptista, D.F. 2009. **Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Junho**. Rio de Junho. Technical books. 174p.
- Nogueira, M. G.; Oliveira, P. C. R. & Britto, Y. T. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). **Limnetica**, v. 7, n. 1, p. 151-170, 2008.
- Oga, S.; Camargo, M.M.A; Batistuzzo, J.A.O. (eds). **Fundamentos de Toxicologia**. 4ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. 685p.
- Oliveira, E.G.; Santos, F.J.S.; Pereira, A.M.L.; Lima, C.B. 2007. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. **Circular Técnica**, v. 45, n. 12, p. 1-12.
- Ota, R.R.; Deprá, G. C.; Graça, W.J. da & Pavanelli, C.S. 2018. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, 16(2), e170094. Epub June 11, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>.
- Padisák, J.; Crossetti, L.O.; Naselli-Flores, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. 1-19, 2009.

- Paranhos, J.D.N., Almeida, V.L.S., Silva-Filho, J.P., Paranaguá, M.N., Melo-Júnior, M. & Neumann-Leitão, S., 2013. The zooplankton biodiversity of some freshwater environments in Parnaíba basin (Piauí, Northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 125-134.
- Pavanelli, C.S.; Da Graça, W.J.; Zawadzki, C.H.; Suzuki, H.I.; Fugi, R.; Bialetzki, A.; Okada, E.K.; Soares, C.M.; Grou, C.E.V. 2023. **Peixes Comerciais do reservatório de Itaipu = Peces comerciales del embalse de Itaipu**. Maringá: Eduem, 2023. xxiv, 280 p.:il. Color.
- Pellicce, F.M. & A.A. Agostinho. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology*, 22: 180-188.
- Perbiche-Neves, G.; Serafim-Júnior, S.; Portinho, J. L.; Shimabukuro, E. M.; Ghidini, A. R & Britto, L. Effect of atypical rainfall on lotic zooplankton: comparing downstream of a reservoir and tributaries with free stretches. **Tropical Ecology**, v. 53, n. 2, p. 149-162, 2012.
- Perez, R.G. 1988. **Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos Del Departamento Del Atioquia**. Colombia: Editorial Presencia Ltda. 217 p.
- Phillips, I.; Burton, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podsol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.73, p.1-14, 2005.
- Picapedra, P.H.S.; Fernandes, C. & Lansac-Tôha, F.A. Zooplankton community in the Upper Parnaíba River (Northeastern Region, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 2, p. 402-412, 2017.
- Picapedra, P.H.S.; Fernandes, C.; Baumgartner, G. & Lansac-Tôha, F.A. Effect of slackwater areas on the establishment of plankton communities (testate amoebae and rotifers) in a large river in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Limnetica**, v. 37, n. 1, p. 19-31, 2018.
- Pielou, E.C. 1975. **Ecological diversity**. New York: Wiley, 385p.
- Portaria (Ministério da Saúde) de Consolidação Nº 5, de 03 de janeiro de 2018, dispõe sobre Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.
- Raghianti, F.; Ferrasso, M.M.; Rodrigues, M.V.; Biondi, G.F.; Martins, O.A. 2017. *Francisella* spp. em tilápias no Brasil: uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 1, p. 119-130.
- Reid, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia**, 9: 17-143.
- Reis, R.B., Frota, A., Deprá, G.C., Ota, R.R., & Graça, W.J. 2020. Freshwater fishes from Paraná State, Brazil: an annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. *Zootaxa* 4868(4): 451-494.
- Reynolds, C.S.; Huszar, V.L.M.; Kruk, C.; Naselli-Flores, L.; Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428.

Rosa, R., Menezes, N., Britski, H., Costa, W. & Groth, F., 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: I, M. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: EDUFPE, 135-181 p.

Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatom: biology and Morphology of the genera**. Cambridge: Cambridge University Press.

Schaden, R. 1985. **Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas**, 10: Rotifera. São Paulo: Sociedade Brasileira de Zoologia. 17p.

Schönborn, W. Über planktismus und ziklomorphose bei *Diffugia limnetica* (Levander) Pénard. **Limnologia**, p. 21-34, 1962.

Schwind, L.T.F.; Arriera, R.L.; Dias, J.D.; Simões, N.R.; Bonecker, C.C.; Lansac-Tôha, F.A. The structure of planktonic communities of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in three environments of the Upper Paraná River basin, Brazil. **Journal of Limnology**, v. 75, n. 1, p. 78-89, 2016.

Segers, H. 1995. **Rotifera**. 2. The Lecanidae (Monogomonta). The Hague, SPB Academics. 226p. v.6: Guides to the identification of the microinvertebrates of continental waters of the world.

Segers, H., 2007. A global checklist of the rotifers (Phylum Rotifera). **Zootaxa**, v. 1564, p. 1-104.

Sendacz, S.; Kubo, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatório do Estado de São Paulo. **Bol. Inst. Pesca**. 9: 51-89.

Shannon-Wiener, C.E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.

Shibatta, O.A.; Gealh, A.M.; Bennemann, S.T. 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**. v. 7, n.º 1. p. 125-134

Shibatta, O.A.; Orsi, M.L.; Bennemann, S.T.; Silva-Souza, A.T. 2002. Diversidade e distribuição de peixes na bacia do rio Tibagi. In: Medri, M. E; Shibatta O.A.; Pimenta, J.A. eds. **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, p. 403-423.

Shiozawa, D.K. Microcrustacea from the benthos of nine Minnesota streams. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 10, n. 3, p. 286-299, 1991.

Silva, W.M. **Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustácea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética**. 2003. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas, UFSCAR, São Paulo, SP, p. 154.

Souza, M.B. 2008. **Guia de tecamebas – Bacia do rio Peruaçu – Minas Gerais**: Subsídio para conservação e monitoramento da bacia do rio São Francisco. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 159p.

Species (2000) & Itis Catalogue of Life (2013). **Encyclopedia of Life**. Available from <http://www.eol.org>. Acessado 7 de julho de 2017. 2013.

Štěpánek, M. & Jiří, J. *Diffugia gramen* Pénard, *Diffugia gramen* var. *achlora* Pénard and *Diffugia gramen* f. *globulosa* f. n. **Hydrobiologia**, v. 10, n. 1, p. 138-156, 1958.

Suderhsa. Instituto das Águas do Paraná. 1997. Qualidade das Águas Interiores do Estado do Paraná. Curitiba/PR. 257 p.

Suzuki, R. 2011. **Guia de Plantas Aquáticas**. Aquamazon, Londrina-PR. 184p.

Terán, G.E., Benitez, M.F. & Mirande, J.M. 2020. Opening the Trojan horse: phylogeny of *Astyanax*, two new genera and resurrection of *Psalidodon* (Teleostei: Characidae). **Zoological Journal of the Linnean Society** zlaa019: 1-18. [First published online, pp. 1-18, 11 Apr. 2020.

Thomaz, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-34, 2002. (Edição Especial).

Topan, D.A. (2018). Sistemas de transposição de peixes: um facilitador da migração ou introdução de espécies?

Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

UFA - Universidade Federal de Alagoas; UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Princípios de hidrologia ambiental. **Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos**. 2009.

Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R. & Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 37:130–137.

Vanzela, L.S.; Hernandez, F.B.T.; Franco, A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14: 55-64. 2010.

Varnier, C.; Hirata, R. 2002. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. **Revista Águas Subterrânea**, São Paulo, v. 16, n. 16, p. 97-104.

Vazzoler, A.E.A.M. 1996. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 169p.

Velho, L.F.M., Bini, L.M. & Lansac-Tôha, F.A., 2004. Testate amoeba (Rhizopoda) diversity in plankton of the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 523, n. 3, p. 103-111.

Viroux, L., 2002. Seasonal and Longitudinal aspects of microcrustacean (Cladocera: Copepoda) dynamics in lowland river. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 4, p. 281-292.

Von Sperling, M. 2014. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG.

Winterbotton, J.H.; Orton, S.E.; Hildrew G. & Lancaster, J. 1997. Field experiments on flow refugia in streams. **Freshwater Ecology**, Holmen, v. 37, p. 569-580.

Toledo-PR, 27 de maio de 2024.

Gilmar Baumgartner
CRBio 17466-07D
Responsável Técnico

ANEXOS

**PARECER TÉCNICO 23/2024**

DE: DQA/Seção de Limnologia

INTERESSADO: Divisão de Licenciamento Estratégico

Data: 08/02/2024

ASSUNTO: Proposta de melhoria no Protocolo amostral relativo ao Programa de Monitoramento Limnológico da Qualidade das Águas do Reservatório da UHE - Tibagi Montante – Protocolo nº. 21.117.498-6.

Conforme já informado no Parecer Nº 121/2023, o documento em análise trata da proposta de alteração no Programa de Monitoramento Limnológico da Qualidade das Águas da UHE – Tibagi Montante, no que diz respeito ao número de estações de amostragem que seria reduzido de um total de 7 estações para 4 apenas estações.

Quanto aos Programas de Monitoramento de Ictiofauna e Ictioplâncton os mesmos deverão ser encaminhados ao profissional da área, para dar Parecer a respeito destes itens.

No que diz respeito ao Programa de Monitoramento Limnológico, foi sugerido a eliminação das estações Tributário (TM – TRI) e Intermediário (TM – INT), mantendo-se a frequência de monitoramento trimestral na continuidade destes trabalhos, nas demais estações de amostragem.

As estações de amostragem deste programa estão localizadas na área de influência da UHE - Tibagi Montante, abrangendo locais a montante do reservatório, reservatório, jusante do reservatório e tributários.

Após o recebimento e análise dos dados mais recentes, apresentamos as seguintes considerações e recomendações com relação às alterações propostas:

- Quanto a eliminação das estações Tributário (TM – TRI) e Intermediário (TM – INT) consideramos pertinente a eliminação de tais estações tendo se em vista os aspectos já apontados no relatório analisado. No caso da estação Intermediário, o fato do “tempo de viagem” das águas do ponto montante (MON) até este ponto ser relativamente pequeno, por tratar-se de um ambiente lótico ou de transição lótico-léntico, justificaria esta eliminação, lembrando que o tempo de residência informado deste reservatório é de apenas 3,6 dias, em condições normais de vazão.

Rua Engenheiro Rebouças, 1206 | Rebouças | Curitiba/PR | CEP 80215-100

Assinatura Avançada realizada por: Renato Fernando Brunkow (XXX.834.599-XX) em 09/02/2024 10:08 Local: IAT/DIJO/GEMF/DMT/DQA. Inserido ao protocolo 21,117,498-6 por: Renato Fernando Brunkow em: 09/02/2024 10:08. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código: 7d318341e54e12520eae40102410ae3.

**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**

- A estação Tributário – PAS, no nosso entender, poderia ser monitorada apenas na superfície para verificar possíveis florações do fitoplâncton tendo-se em vista a sua localização em local de menor circulação das águas. Apesar desta estação ser mais impactada, coletar em três profundidades implica em um grande esforço amostral em um local que tem pouca relevância em relação ao Reservatório de Tibagi Montante.

- Recomenda-se manter a estação Paliteiros (TM – PAL), com coletas na superfície, tendo-se em vista a eliminação da estação intermediário (TM – INT).

- Desta forma, o programa teria cinco estações de amostragem, com um total de apenas 7 amostras trimestrais (frequência trimestral), considerando que a estação Barragem (TM – BAR) deverá ser monitorada em três profundidades.

Um aspecto importante que não foi levado em consideração diz respeito às variáveis de qualidade de água que vem sendo pesquisadas em todas as estações de amostragem. O Relatório em análise esclarece que algumas das variáveis pesquisadas tais como fenóis, metais pesados, óleos e graxas, entre outras, que eventualmete apresentam violações em relação aos limites estabelecidos na legislação vigente, não tem relação com a formação do reservatório, mas sim com os diversos impactos que ocorrem na bacia do Rio Tibagi, devido a fatores externos como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, atividades agropecuárias, entre outras. Assim sendo, sugere-se dar continuidade ao monitoramento de todas as variáveis que vem sendo pesquisadas apenas nas estações Montante e Jusante do Reservatório. Nas demais estações as variáveis: cor, fenóis, dureza, cloretos, magnésio, óleos e graxas, sílica, ferro total e cálcio, poderiam ser excluídas. Justifica-se tais exclusões pelo detalhe acima mencionado e também por algum dos seguintes aspectos: por terem pouca relevância no monitoramento do reservatório, por apresentarem valores invariavelmente muito baixos, por terem relação apenas com aspectos estéticos, ou ainda, por não apresentarem limites na legislação vigente.

É o Parecer,

Engº Químico Renato Fernando Brunkow
GEMF/DQA/Seção de Limnologia

Rua Engenheiro Rebouças, 1206 | Rebouças | Curitiba/PR | CEP 80215.100

Assinatura Avançada realizada por: Renato Fernando Brunkow (XXX.834.599-XX) em 09/02/2024 10:08 Local: IAT/DILIO/GEMF/DMT/DQA. Inserido ao protocolo 21.117.498-6 por: Renato Fernando Brunkow em: 09/02/2024 10:08. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código: 7d318341e54e12520eae40102410ae3.



Documento: **PARECERTECN|CO232024UHE TIBagiMontanteMe|horianoMon,daQ,Agua,pdf.**

Assinatura Avançada realizada por: **Renato Fernando Brunkow (XXX,834,599-XX)** em 09/02/2024 10:08 Local: |AT/D|L|O/GEMF/DMT/DQA.

Inserido ao protocolo **21,117,498-6** por: **Renato Fernando Brunkow** em: 09/02/2024 10:08.



Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021.

A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço:
<https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código:
7d318341e54e12520eae40102410ae3.