

RELATÓRIO Dezembro de 2024

SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE.



Jaboticabal, dezembro de 2024



SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE.

SUMÁRIO

1. Apresentação	03
2. Metodologia	03
3. Análise dos resultados	04
4. Resultados e discussão	05
Comunidade de macrófitas aquáticas	05
Importância das macrófitas aquáticas	07
Qualidade físico-química da água do reservatório	20
Concentração de nutrientes e metais nas macrófitas aquáticas	22
5. Considerações finais	39

SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE

1. Apresentação

O presente relatório se refere (i) às observações de campo e avaliações realizadas pelo técnico da Ecosafe Agricultura e Meio Ambiente SS Ltda Robinson Luiz de Campos Machado Pitelli e (ii) a avaliação de relatórios e análises enviadas pelo departamento técnico da Usina Hidrelétrica Tibagi Montante para a Ecosafe, tendo por objetivo atender ao preconizado no Subprograma de Manejo de Macrófitas Aquáticas aprovado pelo IAT. A avaliação de campo foi levada a efeito em dezembro de 2024.

2. Metodologia

O reservatório da UHE Tibagi Montante foi percorrido de barco pelo técnico acima citado. Nesta campanha, o barco foi direcionado para as colonizações de macrófitas aquáticas presentes no reservatório e os táxons presentes foram identificados ao nível de espécie ou de gênero, quando não havia estruturas que permitissem a identificação ao nível da espécie. Nesta campanha foram considerados 30 pontos amostrais, procurando sítios com presença de colonizações significativas de macrófitas. Para identificação dos táxons foram utilizadas obras de Pitelli et al., 2012 e 2013 e Pott & Pott, 2000.

Para cada táxon presente, foi dada uma nota de colonização de acordo com o seguinte critério:

- **AD** (Alta Densidade = nota 100) – quando a população é dominante na comunidade e é determinante da paisagem da área amostral;
- **MD** (Média Densidade = nota 50) – quando a espécie está presente em expressivo número de indivíduos, mas não determina a fisionomia da paisagem da área amostral;
- **BD** (Baixa Densidade = nota 25) – Quando a espécie está presente na comunidade, mas sua visualização não é realizada prontamente, sendo necessário em certo esforço de observação;
- **MBD** (Muito Baixa Densidade = nota 12) - quando são observados indivíduos esporádicos da espécie no ponto amostral, ou quando são detectados apenas fragmentos de indivíduos da espécie (no caso de plantas que se reproduzem por fragmentação).

Na campanha de campo foram selecionados nove pontos amostrais em regiões distintas do corpo hídrico, sendo três com *Pistia stratiotes*, três com *Salvinia auriculata* e três com *Eichhornia crassipes*. Amostras de cada espécie foram secas em estufa, moídas em micro-moinho tipo Willey

e enviadas ao laboratório de análises químicas de plantas para determinação das concentrações de nutrientes e metais. As análises químicas das plantas seguiram metodologias contidas em RAIJ et al. (2001). Estes estudos têm sido realizados em todas as campanhas de campo desde o início do monitoramento do reservatório de Tibagi.

Para a discussão do estado de colonização pela comunidade de plantas aquáticas, o corpo hídrico foi dividido em três partes: Jusante, Meio e Montante, conforme a morfologia do reservatório e o número de pontos amostrados (Figura 01).

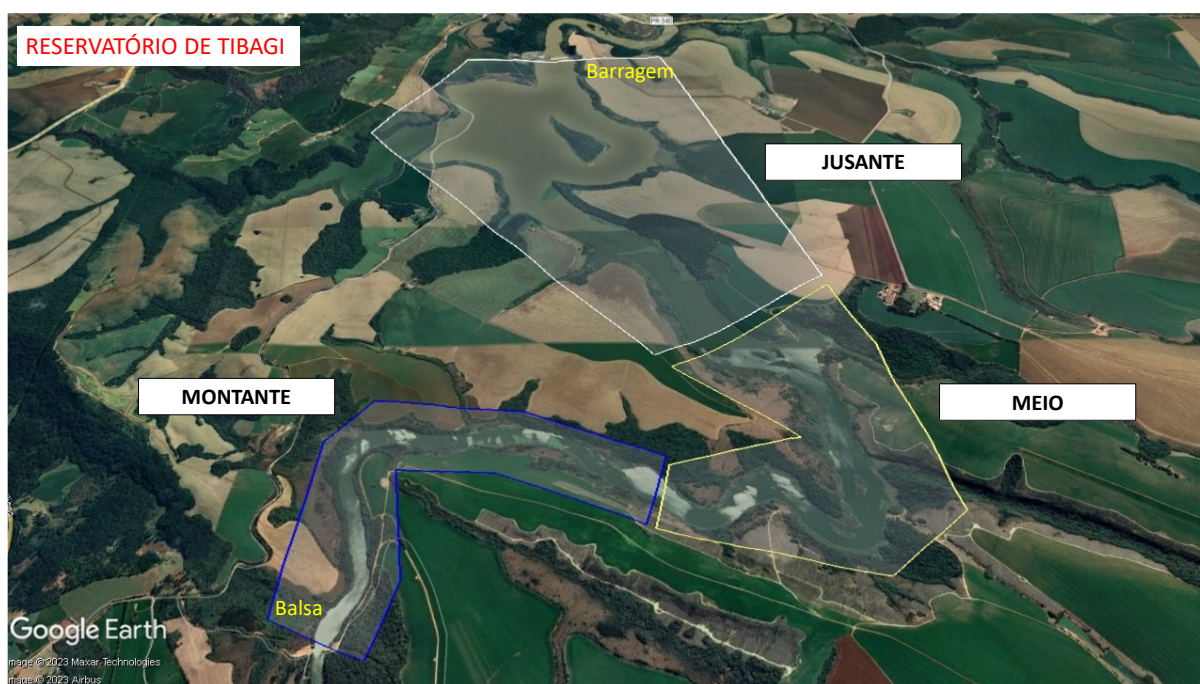


Figura 01 – Divisão do reservatório de Tibagi em três grandes segmentos: Jusante, Meio e Montante, adotada para facilitar a discussão dos resultados da avaliação da comunidade de macrófitas aquáticas.

Utilizando-se uma sonda multiparamétrica da YSI, amostras das qualidades físico-químicas da água foram coletadas em diversos pontos do reservatório de Tibagi (do início ao final da área alagada).

3. Análise dos resultados

Com os dados das notas de colonização foram calculadas as densidades relativas (De.R.) dos táxons identificados e pelas frequências de ocorrência nos diferentes pontos amostrais foram calculadas as frequências relativas (Fq.R.) dos táxons. As importâncias relativas (I.R.) dos táxons foram calculadas pela soma da densidade relativa e da frequência relativas. Quando se utiliza o método para estudo de fitossociologia de Braun-Blanquet (1979), a importância relativa é definida pelas soma da densidade relativa (relação entre número de indivíduos de cada população e o

número de indivíduos da comunidade vegetal), da frequência relativa (relação entre a constância de cada população e a soma das constâncias de todas as populações da comunidade vegetal) e a dominância relativa (relação entre biomassa ou área de colonização de cada população em relação à biomassa total ou à área total colonizada pela comunidade vegetal). No entanto, nas condições de levantamentos de comunidades de macrófitas aquáticas, a biomassa não pode ser medida em todos os pontos amostrais para todas as populações presentes e os números de indivíduos dificilmente podem ser individualizados. Por isso, vem se utilizando a nota de colonização para refletir estes dois parâmetros. Assim, os estudos fitossociológicos neste caso, são definidos pela combinação dos cálculos usando as notas de colonização e a frequência (constância) das populações nos diferentes pontos amostrais.

Os dados de importância relativa foram utilizados para cálculo dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e de equitabilidade da comunidade de macrófitas aquáticas. A riqueza foi representada pelo número de táxons identificados.

Os valores determinados nas análises químicas das plantas foram trabalhados por meio da plotagem dos dados em gráficos contendo a média dos valores e o desvio padrão em cada época de amostragem. Estas análises permitem determinar a diferença entre as espécies na capacidade de acúmulo de cada elemento em estudo nas diferentes épocas de amostragem.

Para facilitar a leitura, fotos e figuras apresentarão classificação separada. Figuras serão considerados gráficos e mapas, enquanto as fotografias de plantas serão consideradas como fotos.

4. Resultados e discussão

Comunidade de macrófitas aquáticas

Na Tabela 01 estão apresentados os táxons de macrófitas aquáticas identificados no reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha realizada em dezembro de 2024. Nesta ocasião foram identificados 18 táxons, distribuídos em 14 famílias botânicas. No entanto a grande maioria das famílias botânicas tem pequena representatividade, sendo apenas três famílias que dominam a grande área de superfície do espelho d'água: Salviniaceae, Pontederiaceae e Poaceae.

Na Tabela 02 estão apresentados os valores calculados para os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de riqueza taxionômica da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante no período de julho de 2023 a dezembro de 2024.

Tabela 01 - Relação dos táxons de macrófitas aquáticas identificadas no reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha de dezembro de 2024, incluindo suas respectivas famílias botânicas, códigos Bayer e hábitos de crescimento.

Família	Táxon	Código	Hábito
Amaranthaceae	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	ALRPH	Emersa
Poaceae	<i>Urochloa arrecta</i>	BRASU	Marginal
Commelinaceae	<i>Commelina difusa</i>	COMDI	Marginal
Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	ECLAL	Marginal
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>	EICAZ	Flutuante fixa
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	EICCR	Flutuante livre
Zingiberiaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	HEYCO	Marginal
Araliaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	HYDRA	Flutuante fixa
Convolvulaceae	<i>Ipomoea aquática</i>	IPOAQ	Trepadeira
Lemnaceae	<i>Lemna minor</i>	LEMMI	Flutuante livre
Onagraceae	<i>Ludwigia uruguayensis</i>	LUDUR	Flutuante fixa
Poaceae	<i>Panicum repens</i>	PANRE	Emersa
Poaceae	<i>Panicum rivulare</i>	PANRI	Marginal
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	PIIST	Flutuante livre
Polygonaceae	<i>Polygonum lapathifolium</i>	POLLA	Emersa
Cyperaceae	<i>Rhynchospora aurea</i>	RHYAU	Marginal
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>	SAVAU	Flutuante livre
Cyperaceae	<i>Oxycarium cubense</i>	SCPCU	Epífita

Tabela 02 - Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade (E') e de riqueza em táxons observados na comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Tibagi Montante de julho/23 a dezembro/24, considerando para os cálculos desses índices os valores das importâncias relativas das populações

Índice	Jul/23	Nov/23	Fev/24	Mai/24	Ago/24	Dez/24
H	1,96	3,41	3,17	3,01	2,77	3,29
Riqueza	14	16	16	17	13	18

O índice de diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas se elevou novamente nesta época de verão, após queda no período de inverno, assim como ocorreu com a riqueza de espécies. Este fato é comum nesta região do Brasil, onde as temperaturas no inverno atingem valores bem baixos próximo à lâmina d'água. O índice de equitabilidade (E) da comunidade foi de **0,75**, indicando que algumas espécies apresentam certa dominância sobre outras, não havendo assim uma uniformidade de distribuição de importância entre as espécies na comunidade.

A importância das macrófitas aquáticas

A Tabela 03 apresenta os valores de Densidade relativa, Frequência Relativa e Importância Relativa (IR) das espécies que compõe a comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante em dezembro de 2024. Conforme a frequência de ocorrência das populações, Pompeo (1975) classificou as plantas em **esporádicas - ES** (ocorrência em menos de 20% das estações de coletas), **pouco frequentes - PF** (ocorrência entre 20% e 40% das estações de coletas), **frequentes - FR** (ocorrência entre 40% e 70% das estações de coletas), e **muito frequentes - MF** (ocorrência em mais de 70% das estações de coletas).

Tabela 03 – Valores de densidade, frequência, frequência relativa e importância relativa das populações que compunham a comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha de dezembro de 2024.

TÁXON	F (%)	De.R	Fr.R	I.R.	Pompeo (1975)
<i>Urochloa arrecta</i>	16,67	0,066	0,028	0,094	ES
<i>Eichhornia azurea</i>	43,33	0,041	0,072	0,113	FR
<i>Salvinia auriculata</i>	83,33	0,092	0,139	0,231	MF
<i>Pistia stratiotes</i>	100,00	0,235	0,167	0,402	MF
<i>Oxycarium cubense</i>	63,33	0,181	0,106	0,287	FR
<i>Ludwigia uruguayensis</i>	53,33	0,074	0,089	0,163	FR
<i>Eichhornia crassipes</i>	83,33	0,151	0,139	0,290	MF
<i>Panicum rivulare</i>	6,67	0,003	0,011	0,014	ES
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	63,33	0,102	0,106	0,207	FR
<i>Panicum repens</i>	6,67	0,007	0,011	0,018	ES
<i>Hedychium coronarium</i>	3,33	0,002	0,006	0,007	ES
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	20,00	0,011	0,033	0,045	PF
<i>Lemna minor</i>	13,33	0,008	0,022	0,030	ES
<i>Rhynchospora aurea</i>	6,67	0,003	0,011	0,014	ES
<i>Commelina difusa</i>	20,00	0,015	0,033	0,048	PF
<i>Ipomoea aquática</i>	3,33	0,002	0,006	0,007	ES
<i>Eclipta alba</i>	6,67	0,003	0,011	0,014	ES
<i>Polygonum sp</i>	6,67	0,005	0,011	0,016	ES

De modo geral, **menos de 1%** da área correspondente ao espelho d'água está ocupada pelo crescimento de macrófitas aquáticas, conforme observado nas fotos 01 e 02. Este nível de colonização vem se mantendo, de maneira geral, desde o início das campanhas em 2021, com somente um (1) evento em 2024, onde no 1º semestre se registrou um pouco mais de 1% do reservatório ocupado por essas plantas aquáticas.



Foto 01 – Aspecto do reservatório de Tibagi (via drone) mostrando que a comunidade de plantas aquáticas ocupa área bem inferior a 1% da área de superfície de coluna d'água.



Foto 02 – Aspecto do reservatório de Tibagi (via drone) mostrando que a comunidade de plantas aquáticas ocupa área bem inferior a 1% da área de superfície de coluna d'água.

A tabela abaixo demonstra a frequência de cada espécie no âmbito da nota de colonização (alta, média, baixa densidade) em cada um dos bancos de macrófitas aquáticos avaliados durante inspeção do reservatório de Tibagi, em dezembro de 2024.

Tabela 04 – Frequência de cada espécie nas respectivas densidades nos aglomerados de macrófitas aquáticos avaliados no reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.

Espécie	F	F(AD)	F(MD)	F (BD)	F (MBD)
<i>Urochloa arrecta</i>	16,67	16,67	0,00	0,00	0,00
<i>Eichhornia azurea</i>	43,33	0,00	6,67	20,00	16,67
<i>Salvinia auriculata</i>	83,33	3,33	10,00	50,00	20,00
<i>Pistia stratiotes</i>	100,00	43,33	16,67	23,33	16,67
<i>Oxycarium cubense</i>	63,33	40,00	3,33	13,33	6,67
<i>Ludwigia uruguayensis</i>	53,33	6,67	10,00	20,00	16,67
<i>Eichhornia crassipes</i>	83,33	23,33	10,00	30,00	20,00
<i>Panicum rivulare</i>	6,67	0,00	0,00	0,00	6,67
<i>Hydrocotylce ranunculoides</i>	63,33	16,67	3,33	16,67	26,67
<i>Panicum repens</i>	6,67	0,00	0,00	6,67	0,00
<i>Hedychium coronarium</i>	3,33	0,00	0,00	0,00	3,33
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	20,00	0,00	0,00	3,33	16,67
<i>Lemna minor</i>	13,33	0,00	0,00	3,33	10,00
<i>Rhynchospora aurea</i>	6,67	0,00	0,00	0,00	6,67
<i>Commelina difusa</i>	20,00	0,00	3,33	0,00	16,67
<i>Ipomoea aquática</i>	3,33	0,00	0,00	0,00	3,33
<i>Eclipta alba</i>	6,67	0,00	0,00	0,00	6,67
<i>Polygonum lapathifolium</i>	6,67	0,00	0,00	3,33	3,33

Observe que a frequência (F) é a soma das frequências das espécies em todas as densidades observadas. A braquiária, por exemplo, apesar de apresentar baixa frequência, sempre ocorre em altas densidades populacionais. No caso da *Eichhornia crassipes* sua população está bem distribuída por todas as classes de densidade. A *Pistia stratiotes*, além de se apresentar distribuída por todas as classes, também apresenta maior número de pontos com alta densidade populacional.

As figuras abaixo apresentam a variação na importância das principais espécies mediante a somatória das notas de colonização retiradas nos mesmos pontos amostrais em duas épocas, agosto e dezembro de 2024.

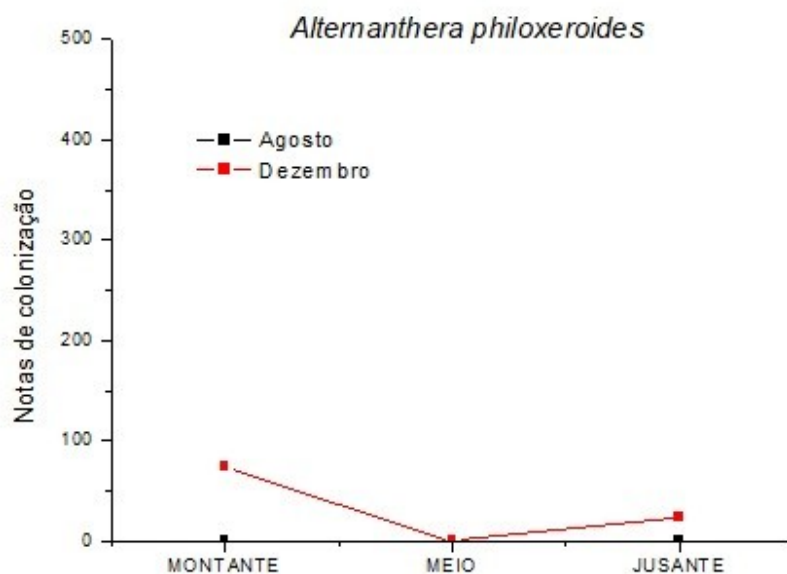


Figura 02 – Variação nas notas de colonização da espécie *Alternanthera philoxeroides* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

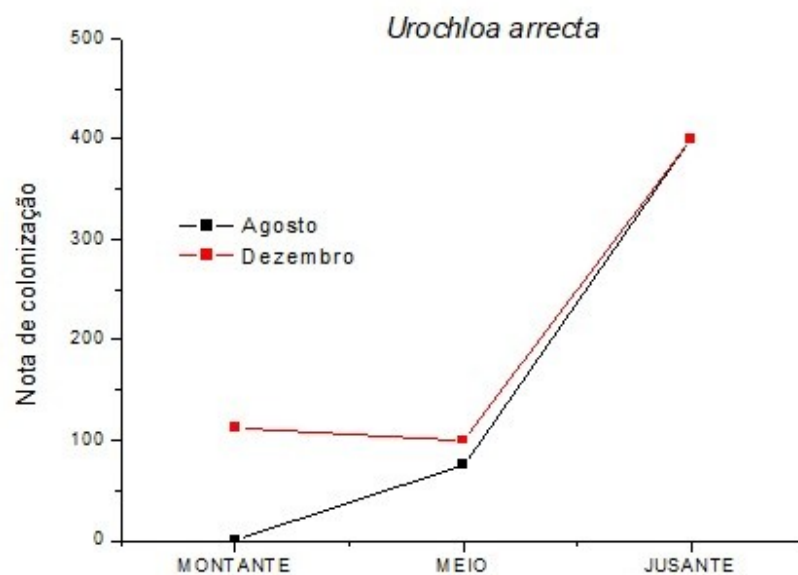


Figura 03 – Variação nas notas de colonização da espécie *Urochloa arrecta* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

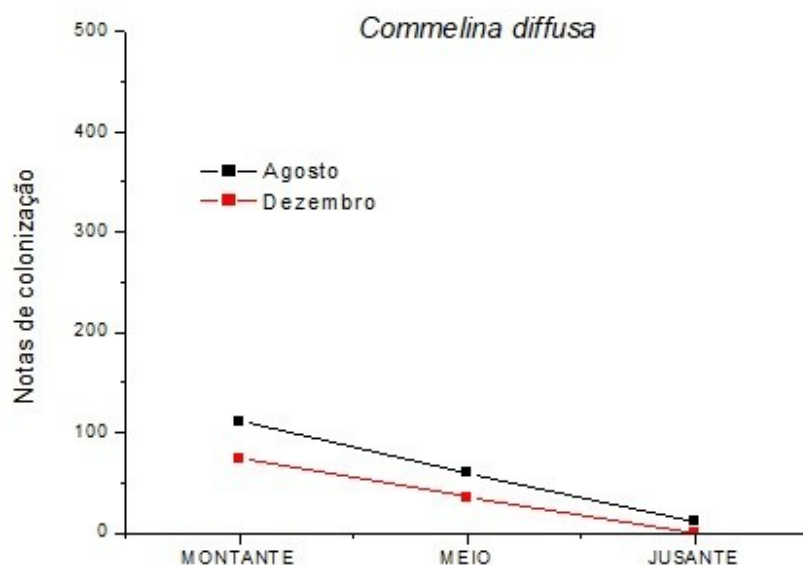


Figura 04 – Variação nas notas de colonização da espécie *Commelina diffusa* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

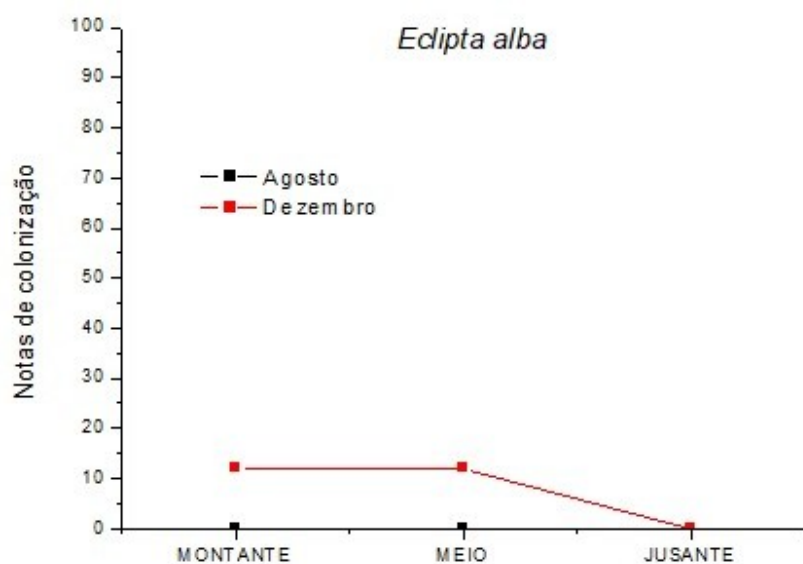


Figura 05 – Variação nas notas de colonização da espécie *Eclipta alba* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

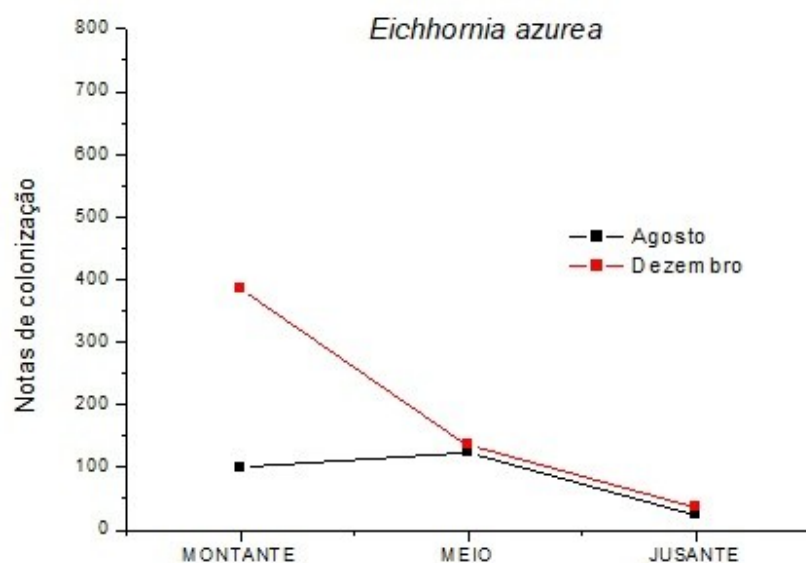


Figura 06 – Variação nas notas de colonização da espécie *Eichhornia azurea* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

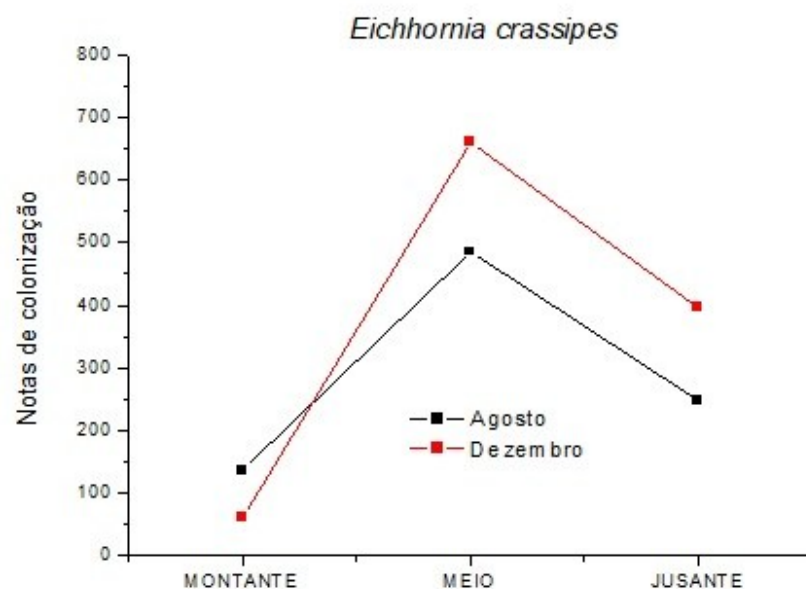


Figura 07 – Variação nas notas de colonização da espécie *Eichhornia crassipes* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

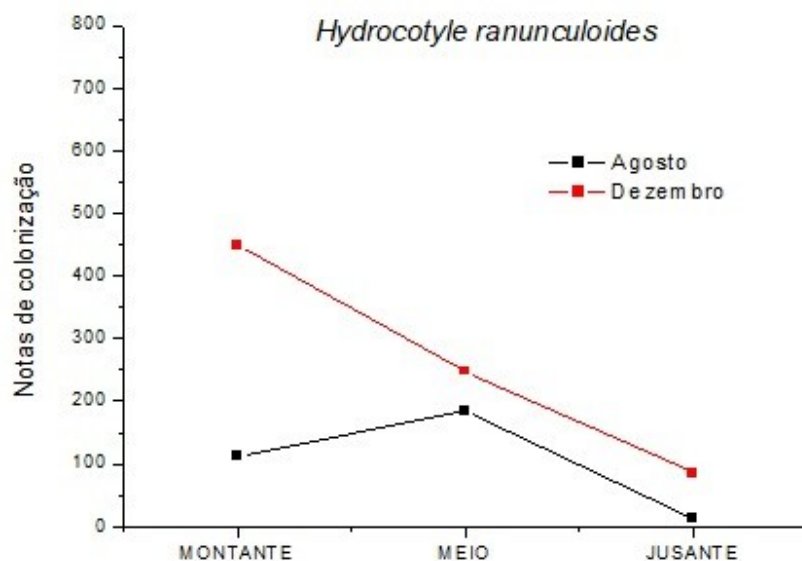


Figura 08 – Variação nas notas de colonização da espécie *Hydrocotyle ranunculoides* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

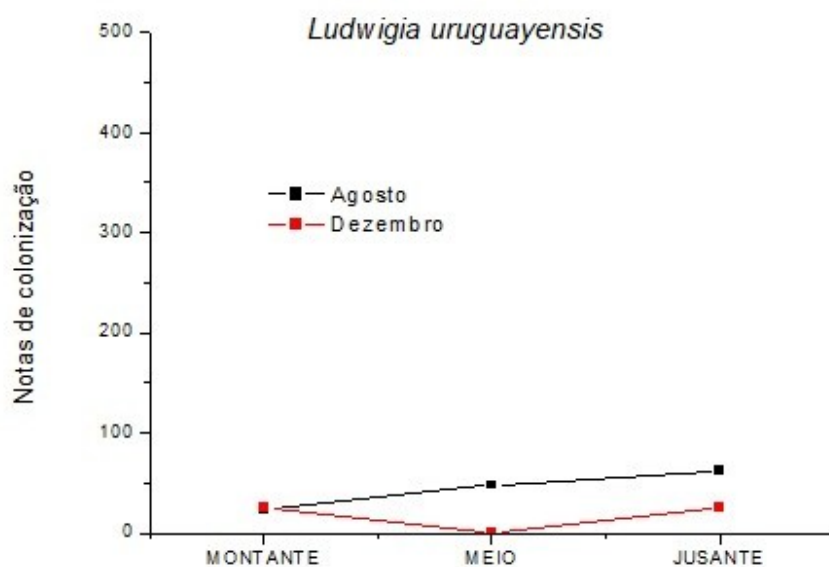


Figura 09 – Variação nas notas de colonização da espécie *Ludwigia uruguayensis* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

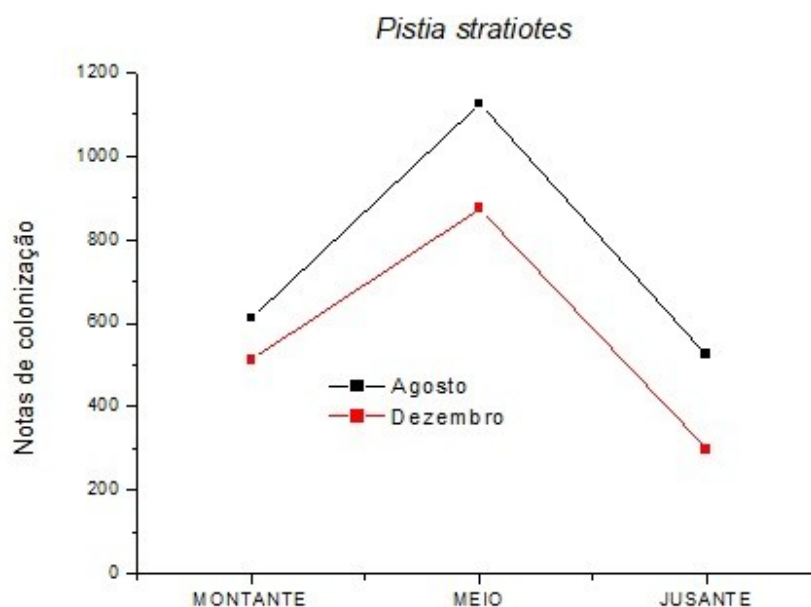


Figura 10 – Variação nas notas de colonização da espécie *Pistia stratiotes* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

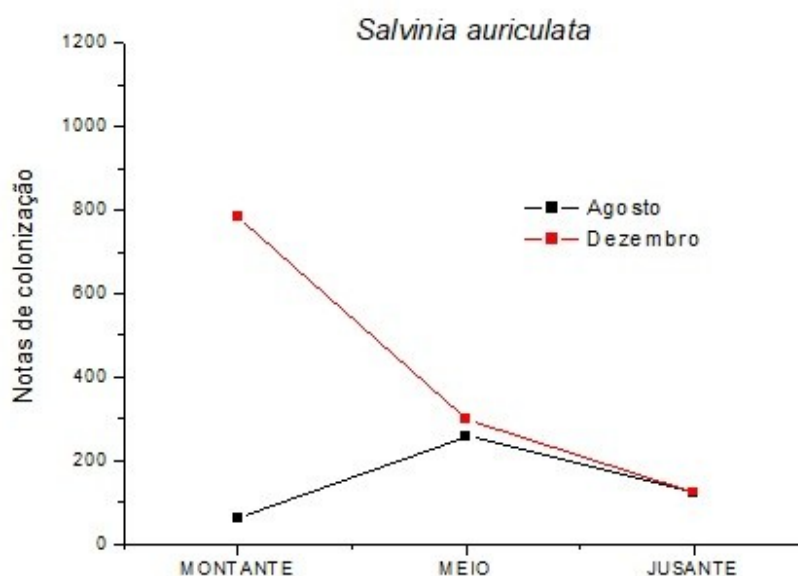


Figura 11 – Variação nas notas de colonização da espécie *Salvinia auriculata* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

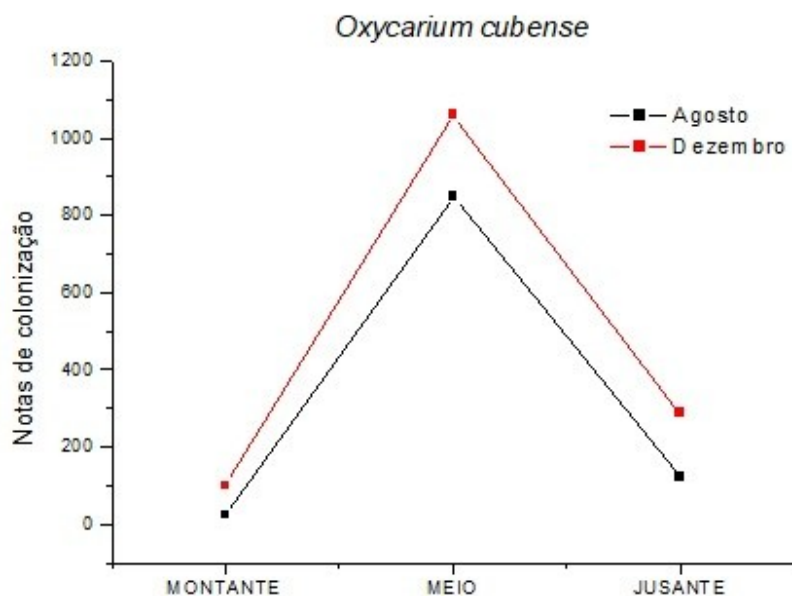


Figura 12 – Variação nas notas de colonização da espécie *Oxycarium cubense* nos três segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante em agosto e dezembro de 2024.

A braquiária aquática (*Urochloa arrecta*) encontra-se principalmente na região jusante do corpo hídrico, próximo à região da barragem da usina. Nesta região sua população permanece alta, porém estável, assim como na região mediana do corpo hídrico, porém com densidade muito inferior. A atenção se foca na região mediana do corpo hídrico, onde novos focos foram observados em locais onde a espécie não havia sido observada (Figura 12 e Foto 3).

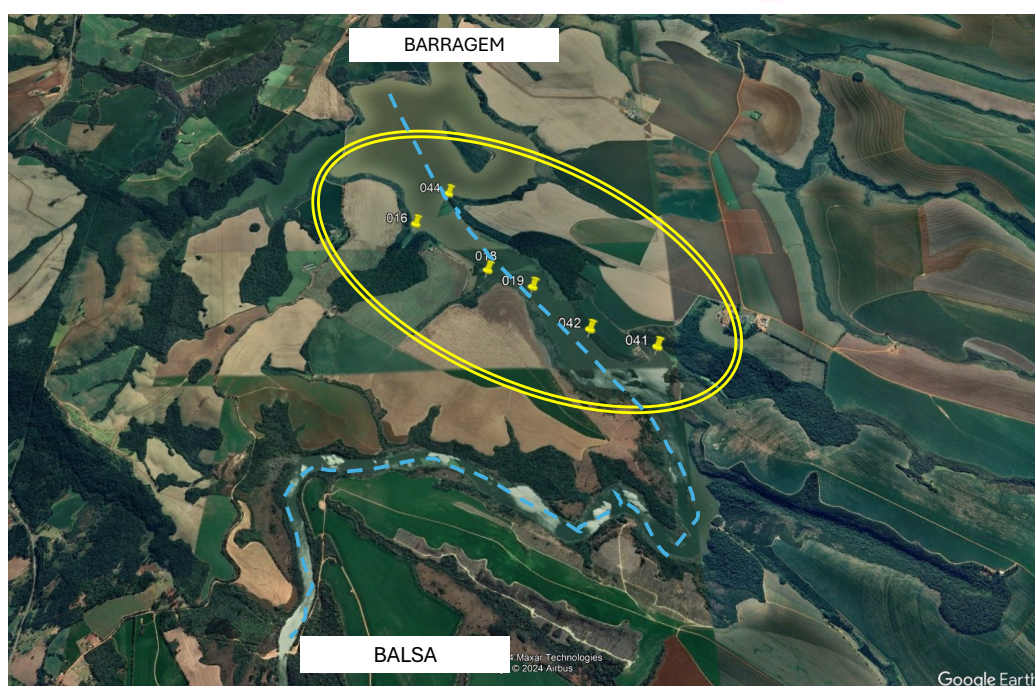


Figura 13 – Localização dos novos pontos com presença de *U. subquadrifera* (braquiária) no reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.



Foto 03 – Mapa de localização das populações de braquiária em dezembro de 2024 (acima) e crescimento da braquiária aquática na região marginal do reservatório de Tibagi.

Conforme observado nas figuras 02 e 04, as espécies *Alternanthera philoxeroides* e *Commelina diffusa* não apresentaram variações significativas em sua população entre o período de inverno (agosto) e primavera (dezembro). No caso da *C. diffusa*, apesar de ser mais importante na região à montante, houve queda em suas populações desde o meio do ano até dezembro. A *Eclipta alba* também apresentou um aumento muito pequeno de sua população (quase insignificante) nas porções montante e meio do corpo hídrico. Estas três espécies não oferecem perigo aos usos múltiplos do corpo hídrico e não são consideradas como espécies invasoras no Brasil.

Com relação aos aguapés, a *Eichhornia azurea* (aguapé-de-cordão) apresentou um crescimento populacional muito significativo na região montante do reservatório, aumentando em quatro vezes sua população entre agosto e dezembro. Nas demais regiões esta espécie não sofreu alteração na população.

Como uma das principais colonizadoras de corpo hídrico, a *Eichhornia crassipes* apresentou pequeno de crescimento em sua população na região montante do corpo hídrico. Em contrapartida, esta espécie apresentou um crescimento populacional mais intenso nas partes mediana e jusante do reservatório, atingindo 700 pontos (notas de colonização) na primeira na porção mediana do reservatório.



Foto 04 – Presença do aguapé, em densidades significativas, na parte central do reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.



Foto 05 – Crescimento marginal do aguapé em remanso com menor profundidade no reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.

A alface d'água (*Pistia stratiotes*) apresentou queda de população (notas de colonização) nos três segmentos do corpo hídrico, sendo que sua população reduziu de 1.100 pontos para 800 pontos na parte central. É interessante observar que esta redução ocorreu ao mesmo tempo em que houve um aumento considerável da população do aguapé, demonstrando uma possível substituição de espécies que ocupam o mesmo nicho ecológico.

A salvinia, pouco diferente das demais flutuantes livres, apresentou maior população na região montante do corpo hídrico, onde variou de 100 para 800 pontos de colonização. Nas outras duas regiões sua população permaneceu inalterada em termos de densidade.

A espécie *Oxycarium cubense* apresentava, em agosto, maior densidade populacional (notas de colonização) na região central do corpo hídrico, onde sua população era 16 vezes maior que das outras duas regiões. Em dezembro de 2024, a população desta espécie apresentou aumento em todos os segmentos, mesmo este aumento sendo pequeno.



Foto 06 – Grande população de alface d’água (*Pistia stratiotes*) na região central do reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.



Foto 07 – Crescimento de *Oxycarium cubense* sobre população de *Pistia stratiotes* em remanso do reservatório de Tibagi em dezembro de 2024.

As demais populações de macrófitas aquáticas do corpo hídrico, além de não apresentarem densidades populacionais relevantes, não oferecem perigo aos usos múltiplos do corpo hídrico. Sua presença auxilia no aumento da biodiversidade local.

Ressalta-se novamente que estes aumentos observados nas populações de algumas espécies são localizados e, conforme observado na primeira etapa deste relatório, ainda **ocupam área de colonização inferior a 1%** da área de superfície do espelho d'água.

Qualidades físico-químicas da água do reservatório

As figuras abaixo apresentam a variação dos parâmetros de qualidade físico-química da água no corpo hídrico, conforme metodologia apresentada. Nesta campanha foram avaliados os parâmetros temperatura, pH, potencial de oxirredução, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (%).

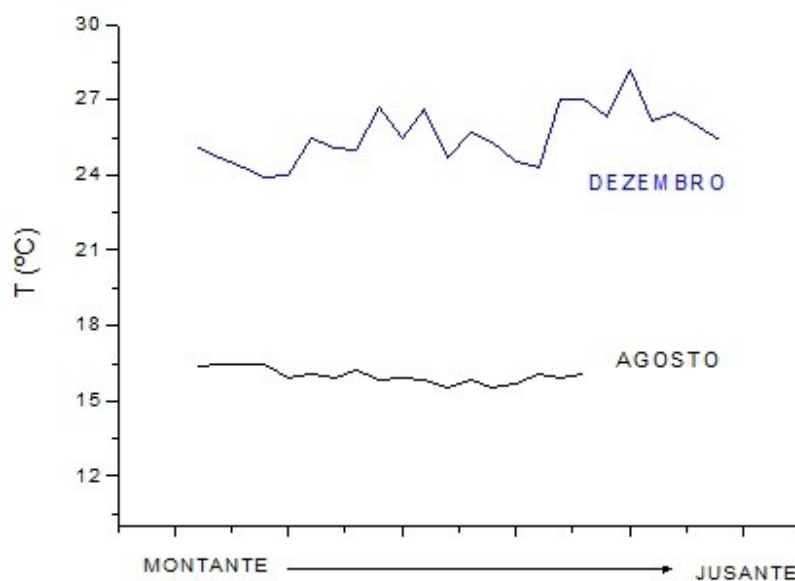


Figura 14 - Variação da temperatura da água ao longo do reservatório de Tibagi em agosto e dezembro de 2024.

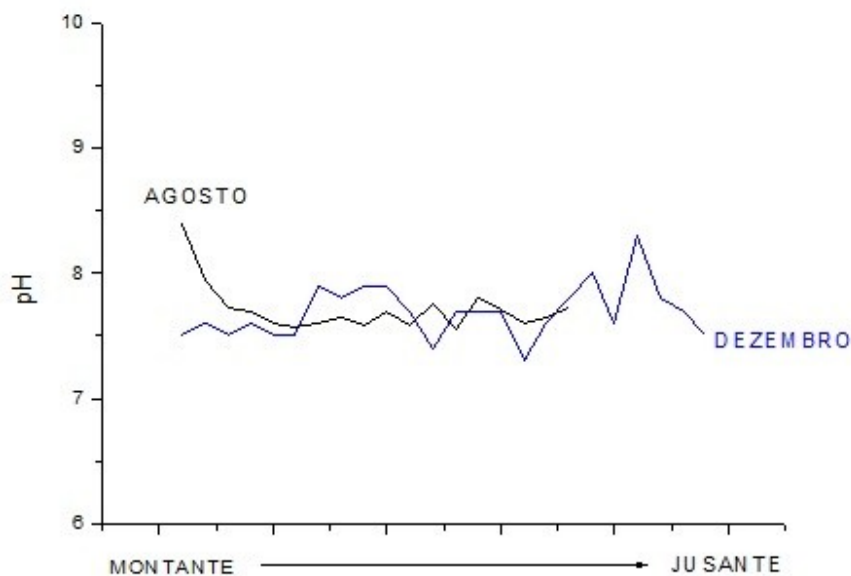


Figura 15 - Variação do pH da água ao longo do reservatório de Tibagi em agosto e dezembro de 2024.

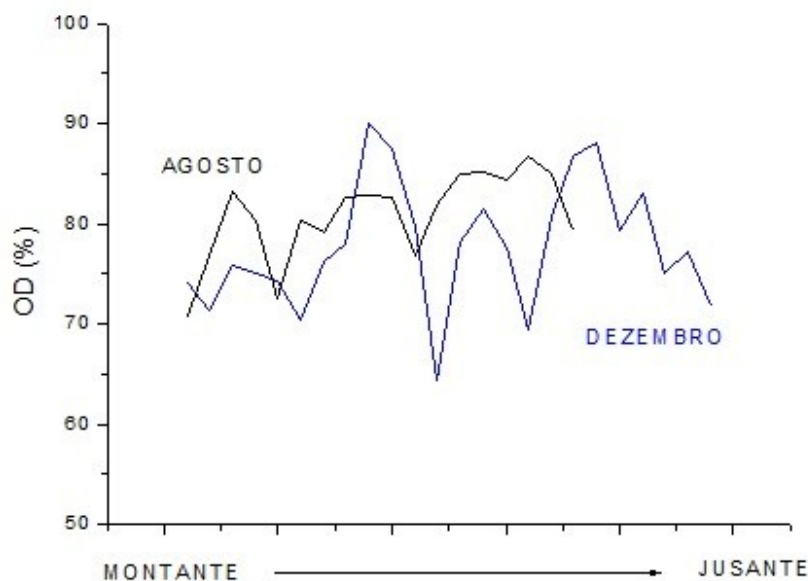


Figura 16 - Variação da saturação de oxigênio dissolvido na coluna d'água ao longo do reservatório de Tibagi em agosto e dezembro de 2024.

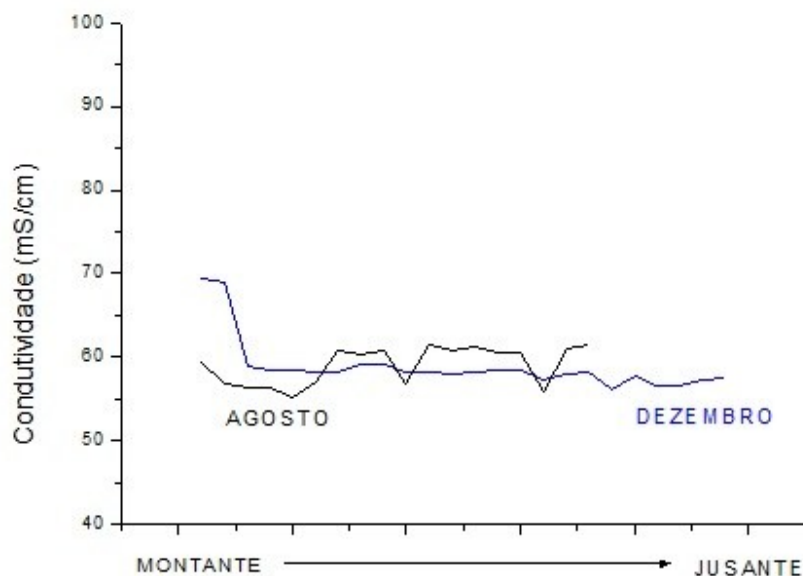


Figura 17 - Variação da condutividade elétrica da água ao longo do reservatório de Tibagi em agosto e dezembro de 2024.

Observando os gráficos acima, pode-se concluir que as condições físico-químicas do reservatório de Tibagi são praticamente constantes (ou uniformes) em toda a sua extensão, sendo que as pequenas diferenças observadas podem ser consideradas como insignificantes do ponto de vista do manejo.

Em comparação com o período de inverno, somente a temperatura da água apresentou aumento de 16° em agosto para 25° (em média) em dezembro de 2024. Os demais parâmetros de qualidade físico-química da água permaneceram inalterados.

Concentrações de nutrientes e metais nas macrófitas

A avaliação das concentrações de nutrientes e metais na biomassa das plantas aquáticas foram concentradas em três espécies de hábito flutuante: *Eichhornia crassipes* (EICCR) e *Pistia stratiotes* (PIIST), e *Salvinia auriculata* (SAVAU). Estas espécies apresentam um papel ecológico importante na comunidade infestante do corpo hídrico, uma vez que representam as espécies pioneiras, ou seja, que fornecem condições para que outras também iniciem seu desenvolvimento. Além deste ponto de vista ecológico, estas são consideradas as principais macrófitas aquáticas infestantes de corpos hídricos no Brasil.

As figuras 18 a 21 representam as concentrações de macronutrientes em cinco épocas de coleta: outubro 2022, julho e novembro de 2023, fevereiro, maio, agosto e dezembro de 2024.

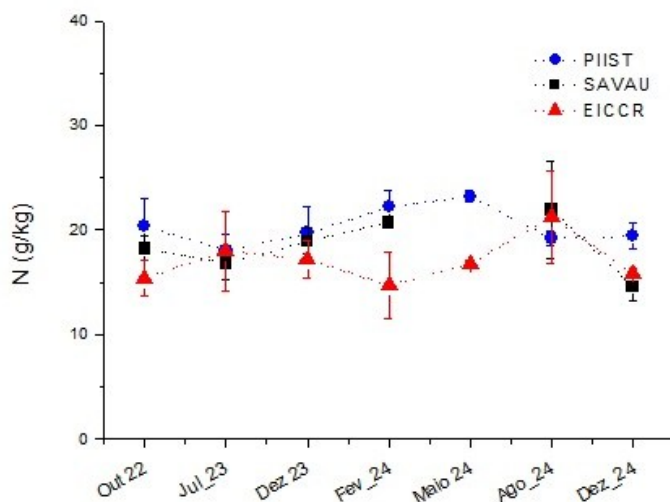


Figura 17 – Valores da concentração de nitrogênio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2023 e 2024.

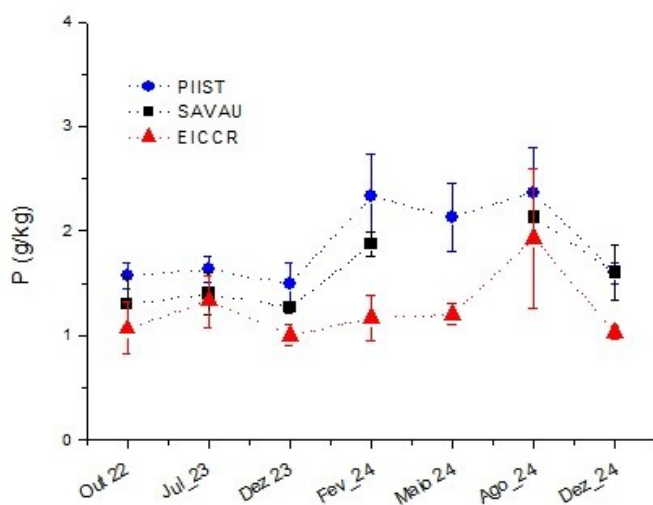


Figura 18 – Valores da concentração de fósforo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

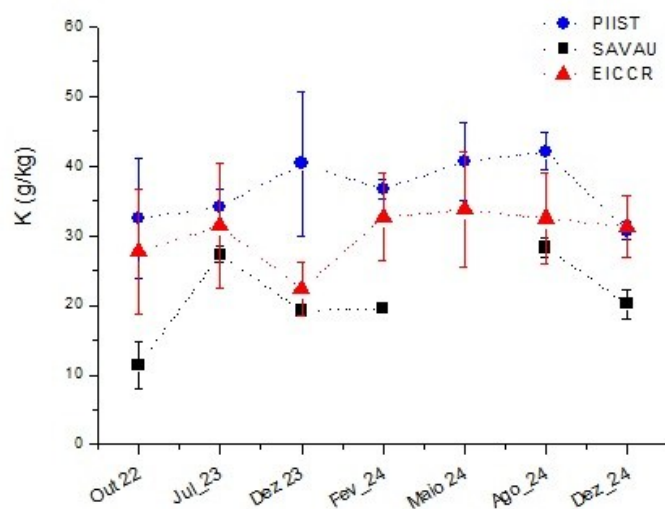


Figura 19 – Valores da concentração de potássio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

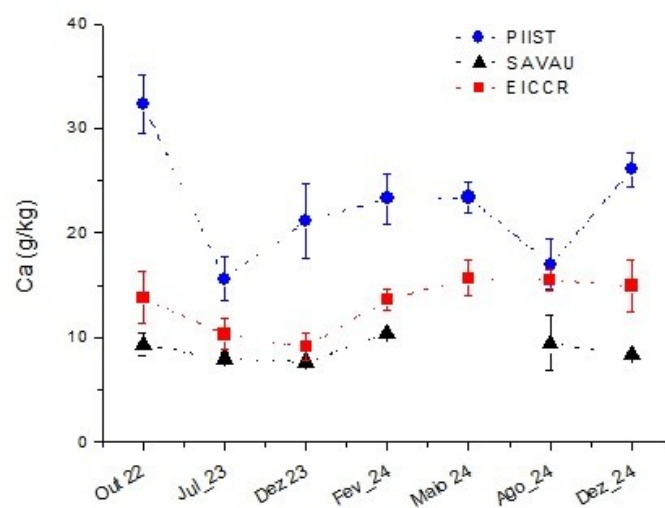


Figura 20 – Valores da concentração de cálcio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

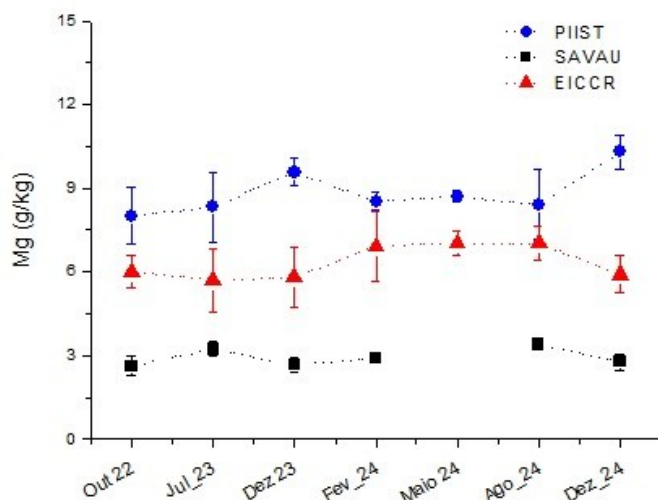


Figura 21 – Valores da concentração de magnésio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

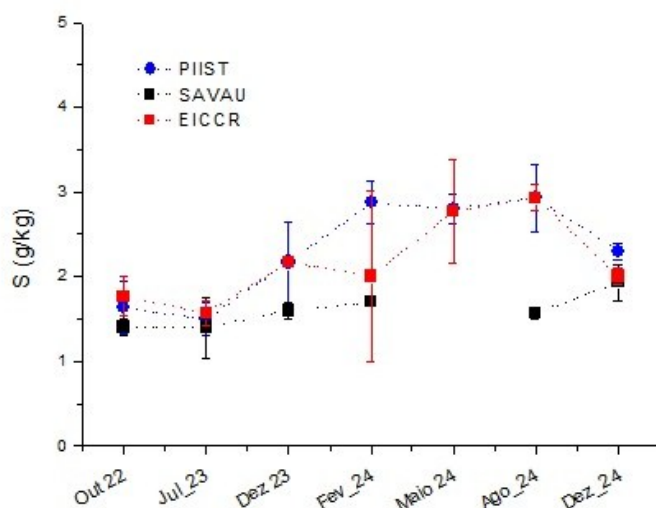


Figura 25 – Valores da concentração de enxofre em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

Apesar de apresentar diferenças significativas em fevereiro de 2024, na maior parte do tempo as três espécies não diferiram com relação à concentração de nitrogênio em seus tecidos. No caso da concentração de fósforo, o aguapé (*Eichhornia crassipes* – EICCR) apresentou concentrações médias inferiores às observadas nas outras espécies, sendo esta diferença mais pronunciada entre fevereiro e maio de 2024 e novamente em dezembro de 2024. A alface d'água (*Pistia stratiotes* – PIIST) apresentou as maiores concentrações do elemento, porém não diferiu estatisticamente dos valores observado em *Salvinia auriculata* (SAVAU).

A alface d'água (PIIST) apresentou concentrações superiores de potássio à salvinia (SAVAU), mas não diferiu estatisticamente do aguapé (EICCR), com exceção da amostra retirada em dezembro de 2023. A salvinia apresentou valores inferiores as outras duas espécies.

A alface d'água apresentou maior acúmulo de cálcio em seus tecidos, seguido pelo aguapé e depois a salvinia. Apenas em agosto de 2024 os valores observados em alface d'água foram semelhantes aos observados em aguapé. Caso semelhante pode ser observado com relação à concentração de magnésio, onde a alface d'água foi superior as demais, seguida pelo aguapé e, com menor teor, a salvinia.

Não foram observadas diferenças significativas no teor de enxofre entre as três espécies flutuantes nos períodos avaliados.

As figuras de 23 a 31 representam as concentrações de micronutrientes e metais pesados nas três espécies de macrófitas flutuantes coletadas no reservatório da UHE Tibagi Montante nas épocas de amostragem.

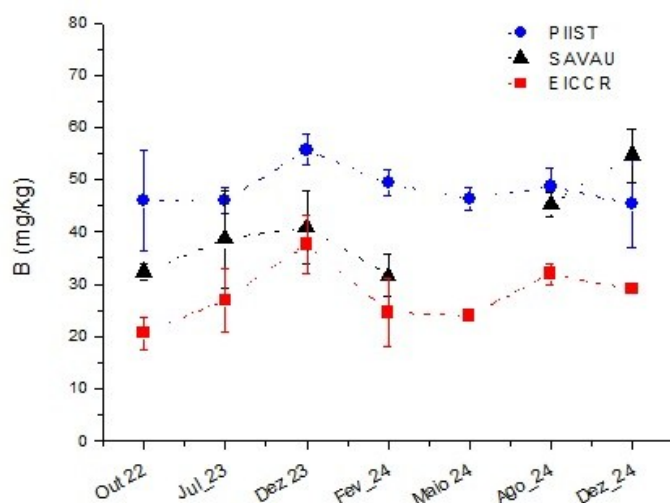


Figura 23 – Valores da concentração de boro em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

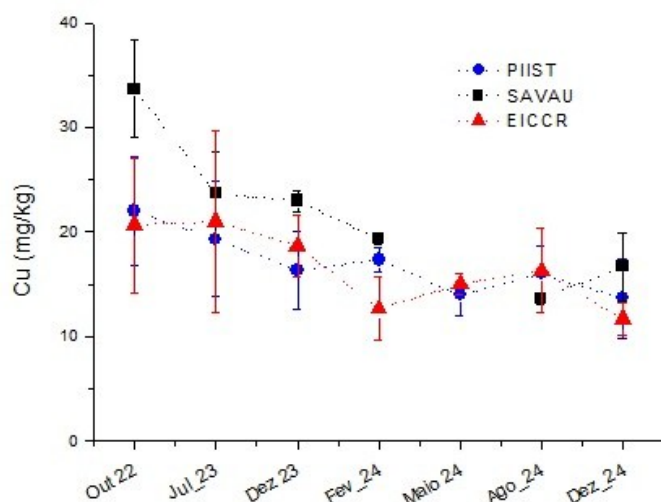


Figura 24 – Valores da concentração de cobre em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

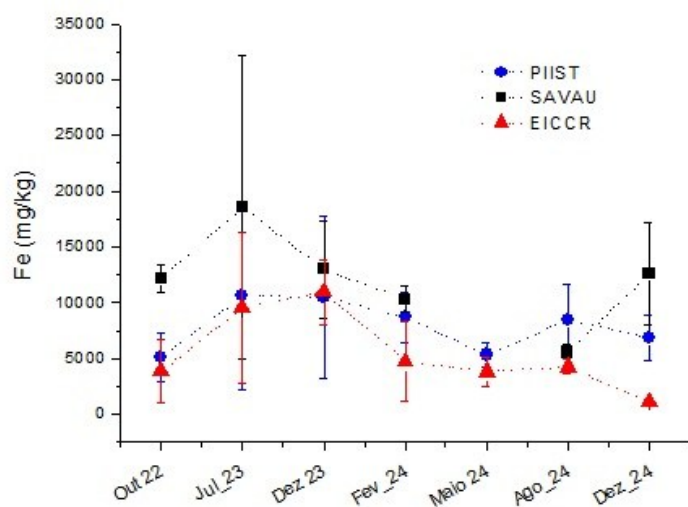


Figura 25 – Valores da concentração de ferro em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

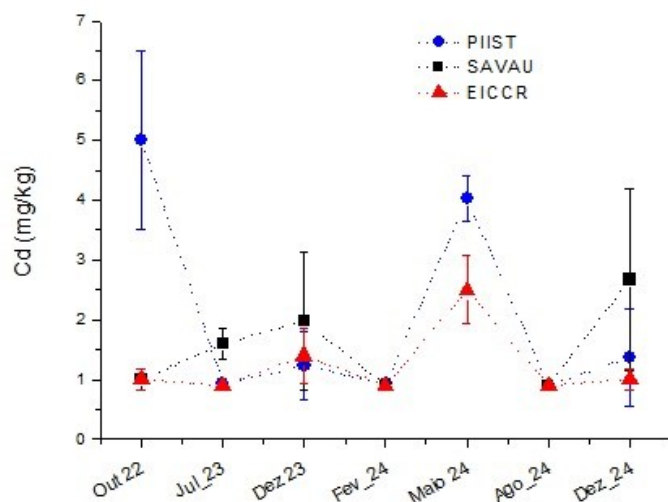


Figura 26 – Valores da concentração de cádmio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

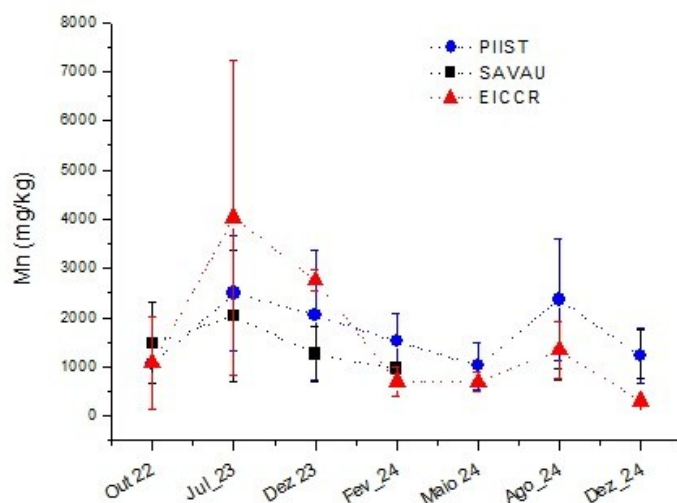


Figura 27 – Valores da concentração de manganês em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

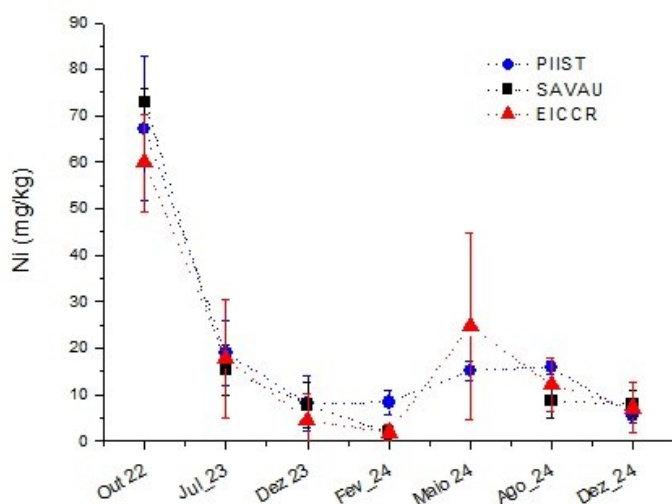


Figura 28 – Valores da concentração de níquel em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

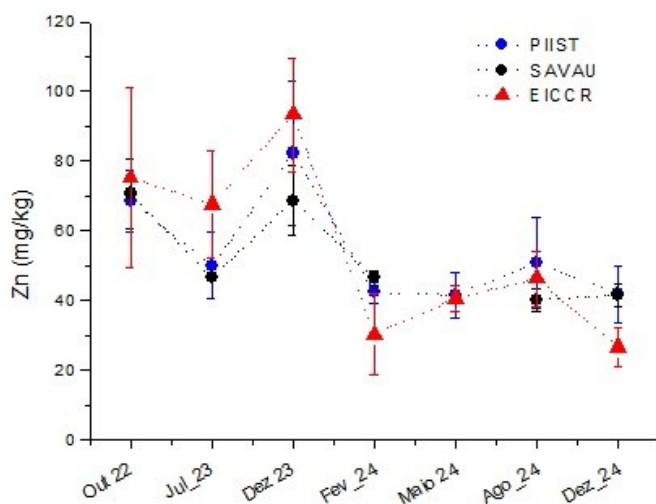


Figura 29 – Valores da concentração de zinco em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

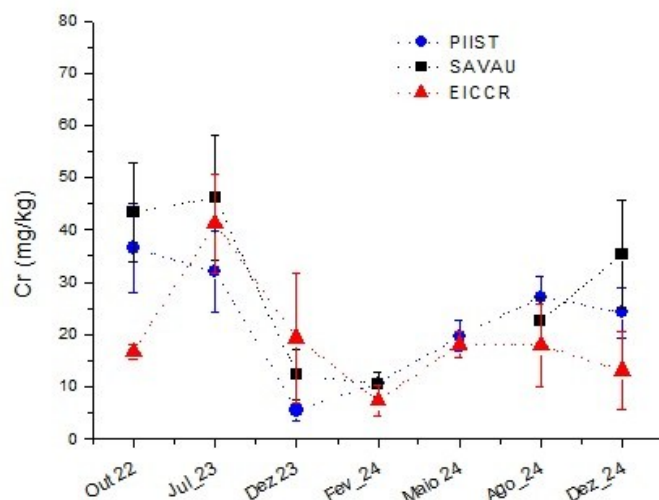


Figura 30 – Valores da concentração de cromo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

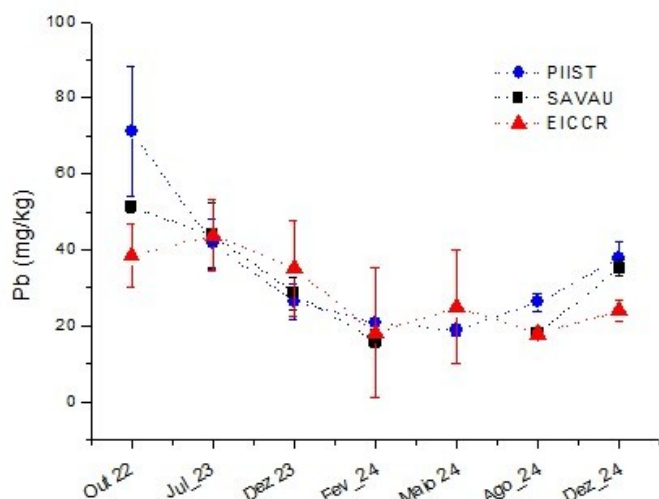


Figura 31 – Valores da concentração de chumbo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

Com relação aos micronutrientes e metais pesados, sua concentração nos tecidos das plantas aquáticas flutuantes tem apresentado tendência de queda ou estabilização com o tempo, em quaisquer das plantas avaliadas.

A concentração de boro é maior nos tecidos da alface d'água (PIIST), seguida pela salvinia e o aguapé. Apenas nos meses de agosto e dezembro de 2024 as concentrações de boro em alface d'água não diferiram estatisticamente das observadas em salvinia.

A concentração de cobre é semelhante nos tecidos das três espécies flutuantes analisadas, com exceção da amostra retirada em outubro de 2022 quando as plantas de salvinia apresentaram valores superiores às demais.

Apesar das diferenças nas concentrações de cádmio serem muito pequenas, a alface d'água apresentou maior concentração do elemento em outubro de 2023 e maio de 2023. Nas demais épocas as plantas apresentaram valores baixos e semelhantes com relação à concentração deste metal.

As concentrações de ferro, manganês, níquel, zinco, cromo e chumbo foram semelhantes nos tecidos das três espécies de macrófitas flutuantes, e apresentaram tendência de redução em seus valores com o passar do tempo.

As figuras 32 a 45 apresentam a variação nos teores dos elementos químicos analisados, no ano de 2024, em cada uma das três espécies (*Eichhornia crassipes* – EICCR; *Pistia stratiotes* – PIIST; *Salvinia auriculata* – SAVAU), expressando os valores máximos, mínimo e a média anual de concentração.

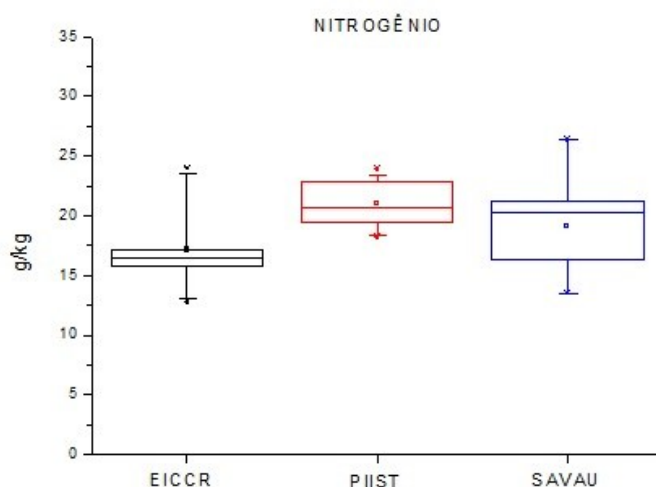


Figura 32 – Amplitude dos teores de nitrogênio ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

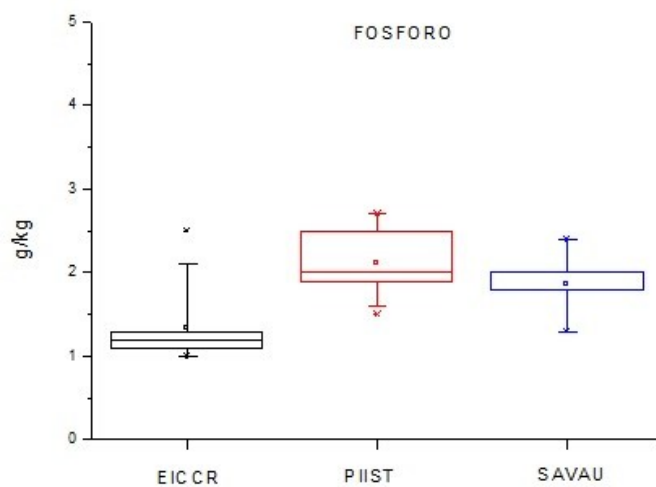


Figura 33 – Amplitude dos teores de fósforo ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

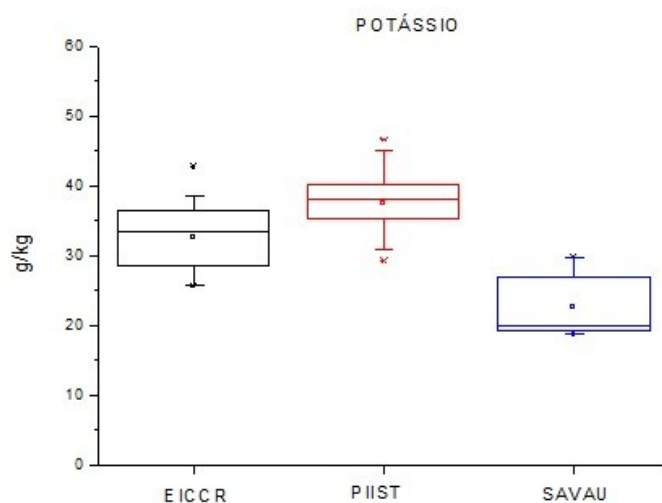


Figura 34 – Amplitude dos teores de potássio ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

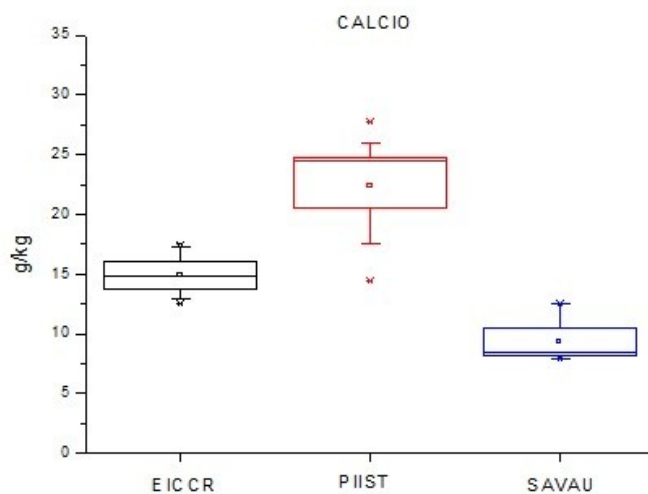


Figura 35 – Amplitude dos teores de cálcio ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

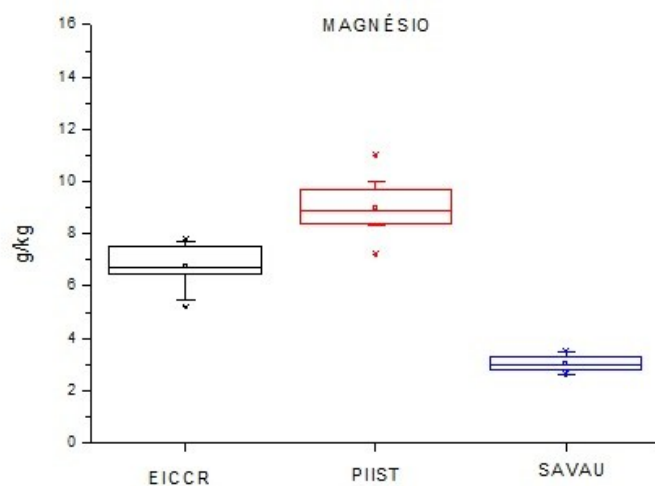


Figura 36 – Amplitude dos teores de magnésio ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

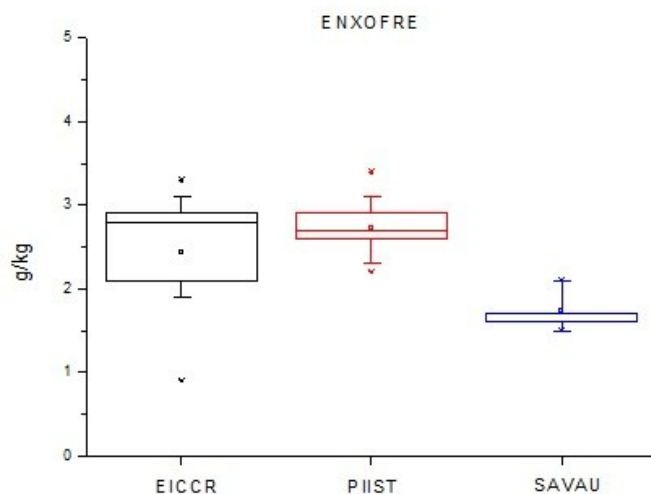


Figura 37 – Amplitude dos teores de enxofre ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

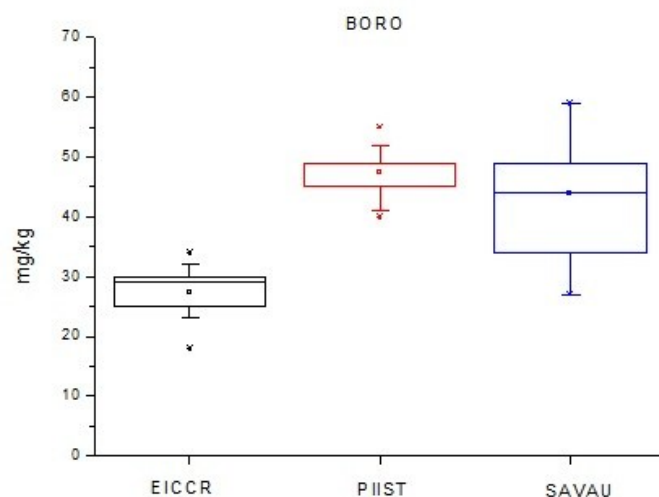


Figura 38 – Amplitude dos teores de boro ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

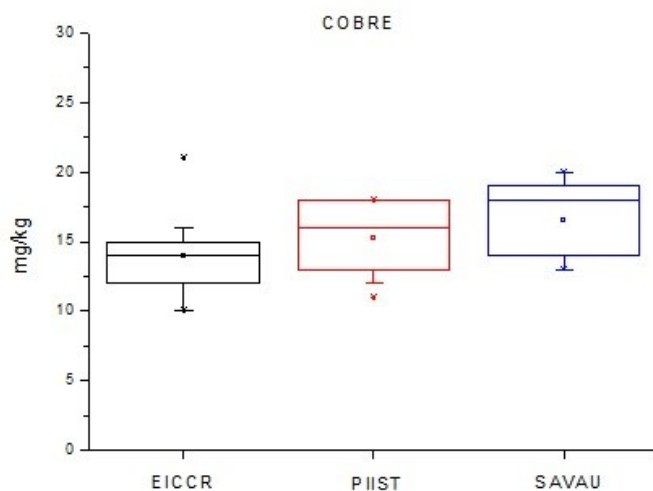


Figura 39 – Amplitude dos teores de cobre ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

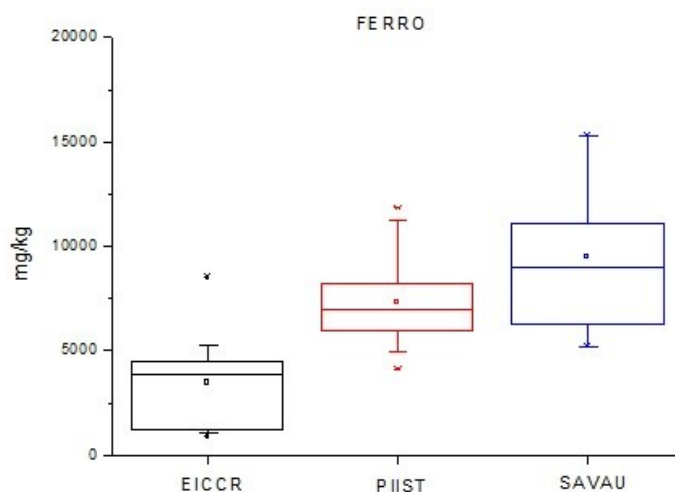


Figura 40 – Amplitude dos teores de ferro ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

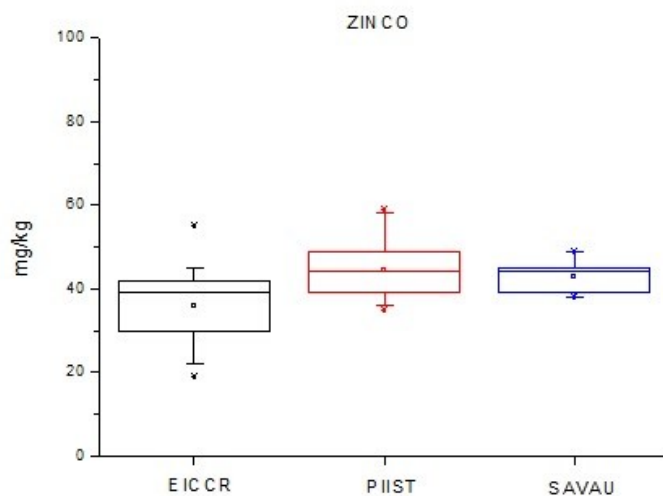


Figura 41 – Amplitude dos teores de zinco ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

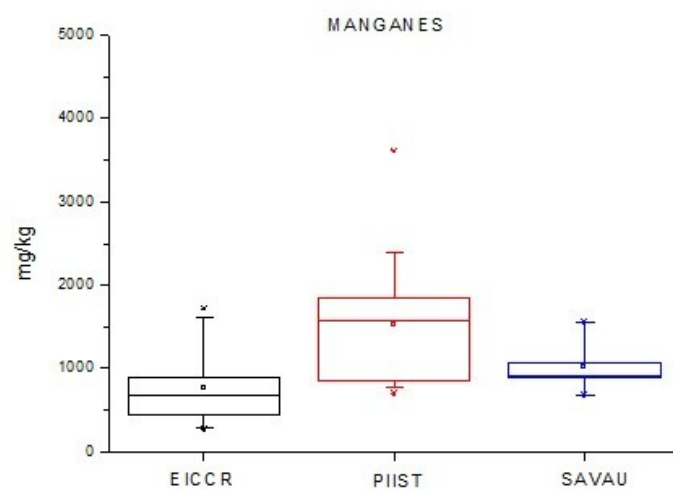


Figura 42 – Amplitude dos teores de manganês ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

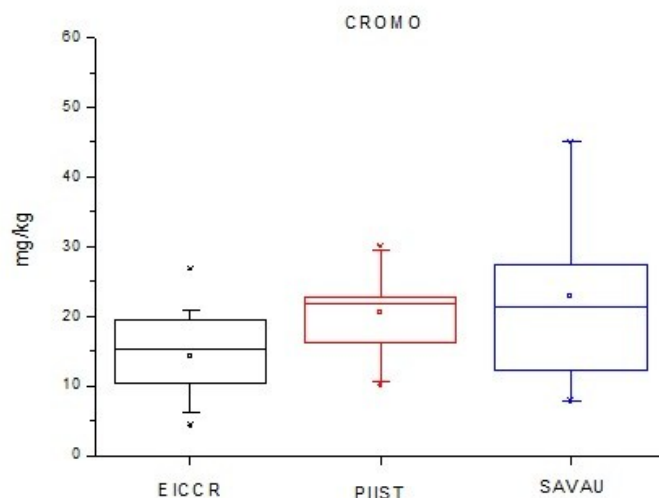


Figura 43 – Amplitude dos teores de cromo ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

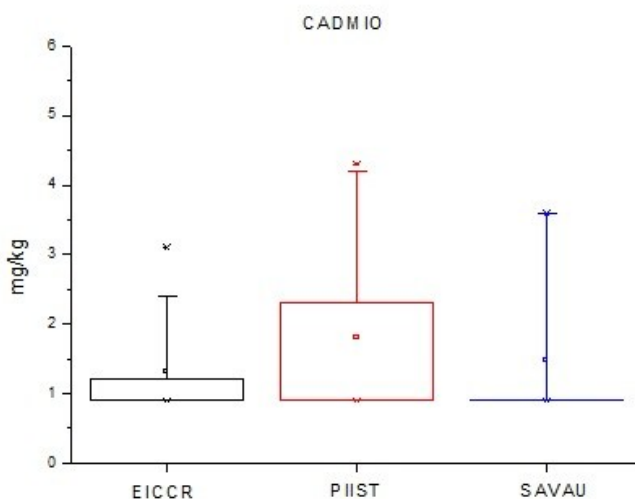


Figura 44 – Amplitude dos teores de cadmio ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

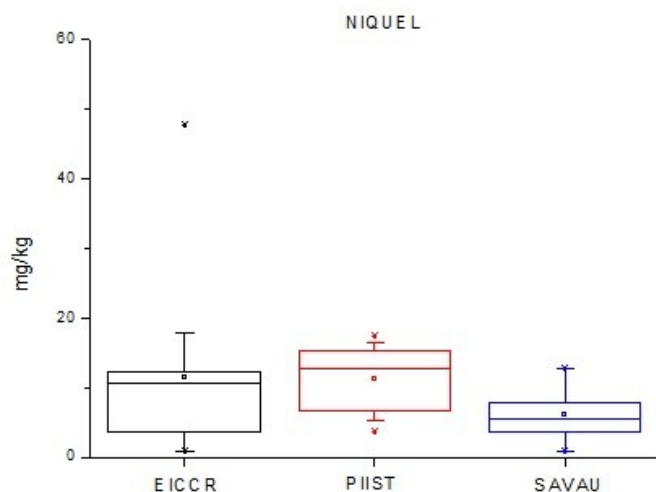


Figura 45 – Amplitude dos teores de níquel ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

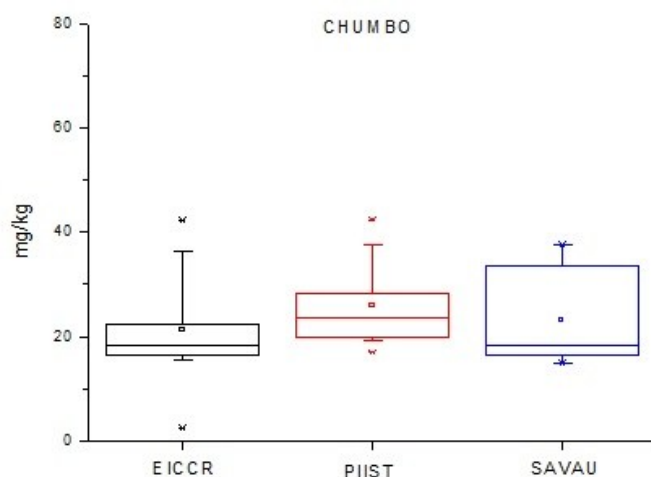


Figura 46 – Amplitude dos teores de chumbo ao longo do ano de 2024 para as três espécies de macrófitas flutuantes no reservatório da UHE Tibagi Montante.

As plantas aquáticas flutuantes da UHE Tibagi Montante apresentam variação semelhante nos teores de nitrogênio em seus tecidos. As concentrações de fósforo, neste ano de 2024, apresentaram amplitudes semelhantes nas espécies *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata*, sendo a média do aguapé um pouco mais baixa.

A concentração de potássio na salvinia sempre foi mais baixa que das demais flutuantes em 2024, assim como a concentração de cálcio e magnésio. A alface d'água apresentou teores de cálcio que atingiram valores máximos próximos a 25 g/kg, enquanto o aguapé e a salvinia atingiram valores máximos próximos a 20 e 15 respectivamente.

A alface d'água comportou-se como uma acumuladora de magnésio, atingindo valores máximos próximos a 11 g/kg de matéria seca, enquanto o aguapé e a salvinia atingiram valores máximos deste elemento próximos a 8 e 4 g/kg de matéria seca, respectivamente.

A alface d'água apresentou teores de enxofre estatisticamente superiores às observadas em salvinia. O aguapé apresentou comportamento mediano, principalmente devido sua alta variabilidade nas concentrações deste elemento entre as épocas e pontos amostrais.

A *Pistia stratiotes* sempre apresentou valores de boro superiores ao aguapé, mas estatisticamente semelhantes à salvinia. A maior variação ocorreu no aguapé com concentrações variando entre 40 e 60 mg/kg de matéria seca.

Não houve efeito da espécie na concentração de cobre nos tecidos. A salvinia também apresentou a maior variância nos valores de concentração de ferro em seus tecidos, atingindo valores próximos a 18.000 mg/kg de matéria seca, enquanto o aguapé atingiu valor máximo próximo a 5.000 mg/kg de matéria seca.

O aguapé, em apenas uma amostra, apresentou um valor de concentração de níquel muito alta, atingindo valores próximos a 50 mg/kg de matéria seca. As demais amostras, sendo aguapé ou outra espécie, não alcançaram 20 mg/kg.

Com relação aos demais micronutrientes e metais, todos apresentaram valores estatisticamente semelhantes nos tecidos das três espécies de macrófitas aquáticas.

5. Considerações finais

A comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante coloniza uma área inferior a 1% da área total de lâmina d'água do corpo hídrico. Esse valor indica que a comunidade de macrófitas aquáticas deste corpo hídrico ainda é pequena, não afetando de forma significativa as atividades da usina ou mesmo os usos múltiplos do corpo hídrico.

A comunidade apresenta atualmente 18 táxons pertencentes a 14 famílias botânicas. Esta riqueza vem se alternando entre 13 e 18 táxons desde o início das avaliações, sendo que a maior parte desta comunidade é formada por espécies com frequência esporádica. Atualmente apenas três espécies (*Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*), todas com hábito flutuante livre, apresentam alta frequência e importância no corpo hídrico, o que faz com que o índice de equitabilidade da comunidade seja baixo. A alface d'água é observada em todos os pontos de amostragem do corpo hídrico, o que permite que seu crescimento populacional, quando as condições estão favoráveis, seja rápido.

A alteração dos gráficos, utilizando soma das notas de colonização em pontos constantes, em vez da densidade relativa, trouxe uma visão mais prática do cenário analisado, permitindo inferir sobre o crescimento das diferentes populações isoladamente. Esta técnica deverá ser perpetuada nos próximos levantamentos.

A braquiária (*Urochloa subquadrifida*) foi identificada em novos locais próximos aqueles previamente descritos, o que indica uma dispersão pequena de propágulos, porém significativa. O monitoramento destes focos é importante para se determinar se, e quando, poderá haver explosão populacional desta gramínea. A braquiária aquática traz, como principal inconveniente, inicialmente a degradação da diversidade vegetal na região litorânea do corpo hídrico, substituindo a flora nativa, inclusive em regiões mais internas. Posteriormente, em condições propícias, pode interagir com espécies flutuantes formando grandes massas de vegetação que tem potencial de afetar a dinâmica de uso da água. Atualmente, no entanto, não oferece perigo imediato, apesar de já apresentar grandes segmentos totalmente colonizados próximos à área de influência da barragem.

Atenção especial deve ser direcionada ao *Oxycarium cubense*, planta que, no passado, trouxe dificuldades para a gestão de corpos hídricos devido seu crescimento rápido e intenso acúmulo de biomassa por unidade de área de espelho d'água. Mesmo que sua população tenha sofrido com o inverno rigoroso do Paraná, esta espécie não deve ser negligenciada nos monitoramentos.

O crescimento mais lento desta comunidade ao longo do tempo pode também ser associado à manutenção das propriedades físico-químicas da água como a condutividade elétrica da água (indica a quantidade de íons por centímetro de coluna d'água) que praticamente não sofreu alteração significativa desde agosto de 2024.

A concentração de nutrientes e metais no tecido de plantas aquáticas depende de dois fatores: das características intrínsecas da espécie e da concentração de íons disponíveis na coluna d'água. No caso de Tibagi, as três principais espécies do corpo hídrico (flutuantes livres) apresentam pequenas variações em suas capacidades de acúmulo dos elementos químicos, porém esta diferença não se torna muito expressiva devido à baixa condutividade elétrica da água, o que indicaria baixa concentração de nutrientes e metais na coluna d'água.

De modo geral, a comunidade de plantas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante ainda apresenta tamanho reduzido, mas com ampla distribuição de propágulos ao longo da extensão da área alagada. É essencial monitorar essas populações e a qualidade da água, além de manter as práticas de manejo já implementadas, como o vertimento controlado e em pequenas quantidades, para identificar precocemente possíveis explosões populacionais e adotar medidas de controle adequadas.