

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, maio 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
5. Considerações finais	30

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 maio de 2024.

2. Metodologia

No dia 15 de maio de 2024, o reservatório da UHE Tibagi Montante foi percorrido de barco pelos técnicos acima citados. 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 28 pontos amostrais, sendo que alguns destes estavam sem presença 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 seis pontos amostrais em regiões distintas do corpo hídrico, sendo três com *Pistia stratiotes* e três com *Eichhornia crassipes*. Normalmente

também seriam coletadas três amostras de *Salvinia auriculata*. No entanto, esta coleta não pode ser realizada devido à ausência desta espécie em quantidades significativas no corpo hídrico. Amostras de cada espécie foram secas em estufa, moídas em micromoinho tipo Willey e enviadas ao laboratório de análises químicas de plantas para determinação das concentrações de nutrientes e metais pesados. 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: montante, meio e jusante, conforme a morfologia do reservatório e o número de pontos amostrados (Figura 01).

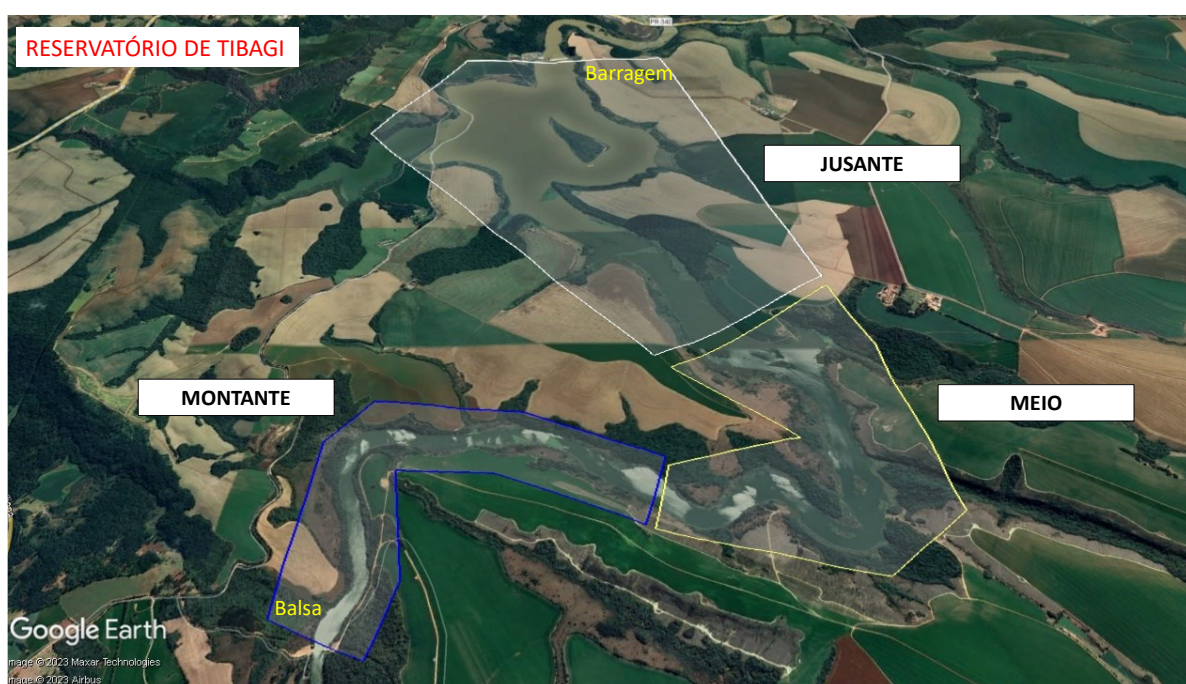


Figura 01 – Divisão do reservatório de Tibagi em três grandes segmentos: Jusante, Meio e Montante, adotada para facilitar a discussão dos resultados da avaliação da comunidade de macrófitas aquáticas.

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 da 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 cálculos 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.

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 maio de 2024. Nesta ocasião foram identificados 17 táxons, distribuídos em 11 famílias botânicas.

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

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

Família	Táxon	Código	Hábito
Poaceae	<i>Urochloa subquadrifida</i>	BRASU	Marginal
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	EICCR	Flutuante livre
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	LUDOC	Marginal
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	PIIST	Flutuante livre
Cyperaceae	<i>Oxycaryum cubense</i>	SCPCU	Epífita
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>	EICAZ	Flutuante fixa
Comelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	COMDI	Marginal
Araliaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	HYDRA	Emersa
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>	SAVAU	Flutuante livre
Cyperaceae	<i>Rhynchospora aurea</i>	RHYAU	Marginal
Poaceae	<i>Panicum repens</i>	PANRE	Emersa
Polygonaceae	<i>Polygonum heterophyllum</i>	POLHI	Emersa
Poaceae	<i>Panicum rivulari</i>	PANRI	Marginal
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>	TYPLA	Emersa
Onagraceae	<i>Ludwigia uruguayensis</i>	LUDUR	Flutuante fixa
Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	ECLAL	Marginal
Polygonaceae	<i>Polygonum lapathifolium</i>	POLLA	Emersa

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 outubro/22 a maio de 2024, considerando para os cálculos desses índices os valores das importâncias relativas das populações

Índice	Out/22	Jul/23	Nov/23	Fev/24	Maio/24
H	3,09	1,96	3,41	3,17	3,01
E	1,17	0,74	1,23	1,08	1,10
Riqueza	14	14	16	16	17

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. 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 maio de 2024.

Táxon	F (%)	De.R	Fr.R	I.R.	Pompeo (1975)	Classificação Reservatório
<i>Urochloa subquadriflora</i>	25,00	0,105	0,058	0,163	PF	0 – 25% de ocupação do espelho d'água
<i>Eichhornia crassipes</i>	75,00	0,173	0,175	0,348	MF	
<i>Ludwigia octovalvis</i>	7,14	0,010	0,017	0,026	ES	
<i>Pistia stratiotes</i>	82,14	0,366	0,192	0,558	MF	
<i>Oxycaryum cubense</i>	46,43	0,119	0,108	0,227	PF	
<i>Eichhornia azurea</i>	32,14	0,042	0,075	0,117	PF	
<i>Commelina diffusa</i>	42,86	0,047	0,100	0,147	FR	
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	35,71	0,064	0,083	0,147	PF	
<i>Salvinia auriculata</i>	46,43	0,035	0,108	0,143	FR	
<i>Rhynchospora aurea</i>	7,14	0,005	0,017	0,021	ES	
<i>Panicum repens</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	
<i>Polygonum hidropiperoides</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	
<i>Panicum rivulari</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	
<i>Typha domingensis</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	
<i>Ludwigia uruguayensis</i>	7,14	0,021	0,017	0,038	ES	
<i>Eclipta alba</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	
<i>Polygonum lapathifolium</i>	3,57	0,002	0,008	0,011	ES	

De modo geral, cerca de 1% da área corresponde ao espelho d'água está ocupada pelo crescimento de macrófitas aquáticas (caracterizando-se esta situação pela cor verde, segundo Pompeo, 1975). Este nível de colonização vem se mantendo desde o início do monitoramento.

Com base na importância relativa das espécies, a alface d'água (*Pistia stratiotes*) é a principal colonizadora do corpo hídrico. Esta espécie também apresenta os maiores valores de densidade relativa e frequência relativa da comunidade, sendo observada em 82% dos pontos amostrados. Segundo Pompeo (1975), junto com o aguapé (*Eichhornia crassipes*), são considerados espécies muito frequentes no corpo hídrico. O aguapé, observado em 75% dos pontos amostrados, apresenta a segunda maior importância relativa. Com relação à densidade relativa, estas duas espécies flutuantes respondem por 53,9% da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório de Tibagi.

As figuras 02 a 09 apresentam a variação da densidade relativa das principais populações que compõem a comunidade de macrófitas aquáticas em diferentes setores do reservatório de Tibagi

em fevereiro e maio de 2024. Estes gráficos permitem determinar em quais regiões as principais colonizadoras do corpo hídrico são importantes.

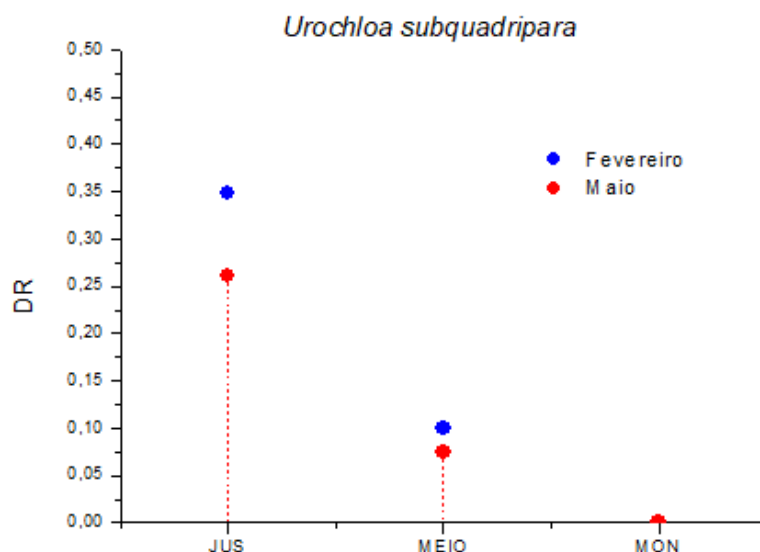


Figura 02 – Variação da densidade relativa de *Urochloa subquadripa* (BRASU), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

Nesta campanha realizada em maio de 2024 a densidade relativa da *U. subquadripa* apresentou queda em dois setores do reservatório da UHE Tibagi Montante: na porção Jusante e na porção Meio. Esta queda nos valores apresentados, conforme pode ser verificado na figura 02, deve-se principalmente a dois fatores. Primeiramente, a densidade da braquiária aquática variou muito pouco entre as duas épocas, enquanto a densidade populacional de outras espécies, como a alface d'água, aumentou significativamente. Uma vez que os valores apresentados são relativos à soma total das densidades de todas as espécies, o aumento de algumas espécies inevitavelmente causa a redução da densidade relativa da braquiária. Em segundo lugar, o aumento da população de algumas espécies em determinados locais pode reduzir a nota de colonização da braquiária, uma vez que ela deixa de dominar a paisagem.

Independente destas variações matemáticas, a braquiária continua apresentando uma alta importância no reservatório de Tibagi, sendo identificada, em maio de 24, também na região Montante do corpo hídrico. As fotos 01 e 02 demonstram a situação da colonização da braquiária na região Jusante do corpo hídrico.



Foto 01 – População de *Urochloa subquadripara* colonizando toda a região marginal deste segmento do reservatório da UHE Tibagi próximo à barragem, observada em campanha realizada em maio de 2024.



Foto 02 – População marginal de *U. subquadrifida* em região próxima à barragem do reservatório da UHE Tibagi, em campanha realizada em maio de 2024

A espécie *Commelina diffusa* praticamente manteve sua densidade populacional entre as duas épocas e nos três setores do corpo hídrico. A maior densidade da planta é encontrada na região Montante do corpo hídrico, sempre se encontrando na região marginal do espelho d'água. Esta espécie não apresenta um caráter invasor como ocorre no caso da braquiária.

O aguapé-de-cordão (*E. azurea*) apresenta uma densidade populacional muito baixa, sendo encontrada em proporções mais ou menos semelhantes nas três regiões do reservatório da UHE Tibagi Montante.

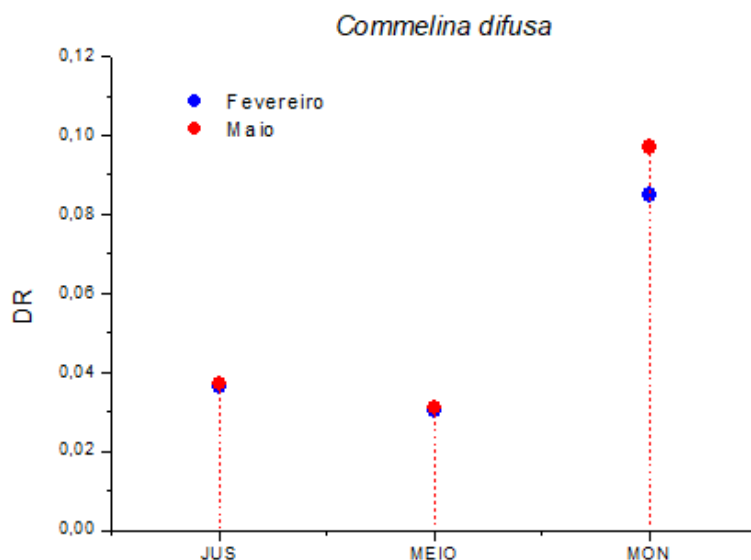


Figura 03 – Variação da densidade relativa de *Commelina difusa* (COMDI), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

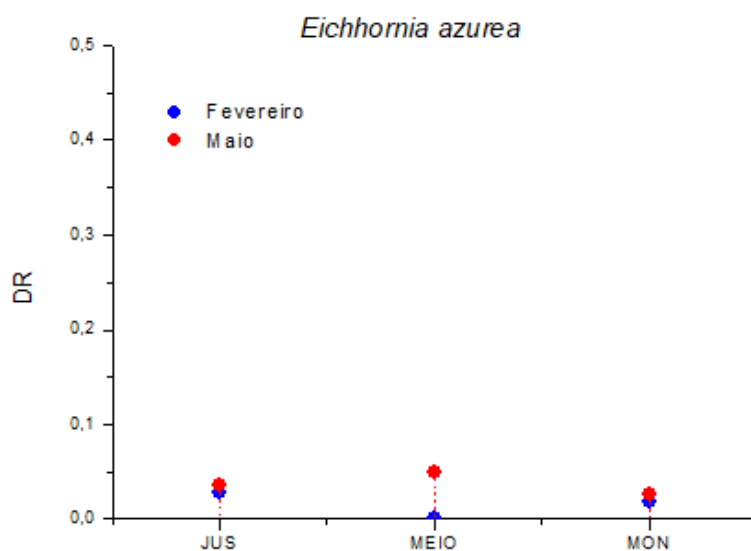


Figura 04 – Variação da densidade relativa de *Eichhornia azurea* (EICAZ), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

O aguapé (*Eichhornia crassipes*) apresentou a segunda maior população do corpo hídrico. Diferente da comunidade de fevereiro de 2024, quando sua população apresenta densidades semelhantes nos três setores do corpo hídrico, a comunidade avaliada em maio de 2024 apresentou um aumento intenso da densidade relativa desta planta na parte mediana do reservatório. Na região Montante do reservatório esta planta também ocorreu um pequeno aumento de sua densidade relativa, o que não foi observado na região Jusante.

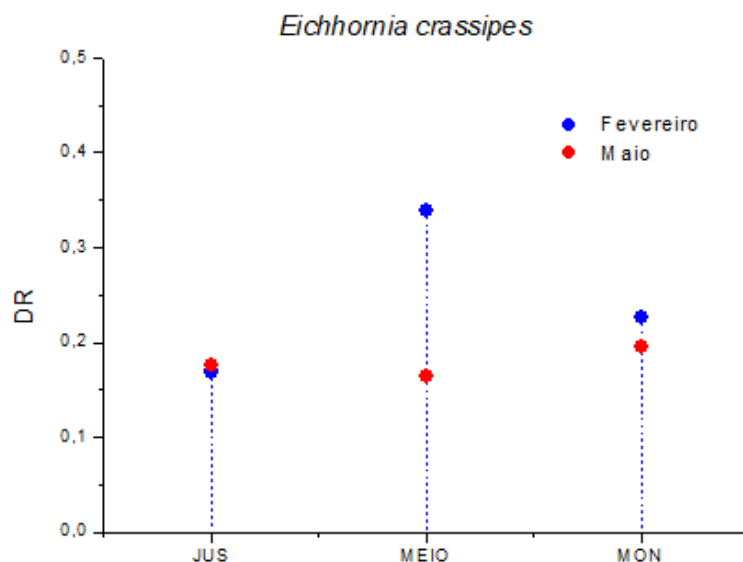


Figura 05 – Variação da densidade relativa de *Eichhornia crassipes* (EICCR), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

Uma espécie que apresentou aumento significativo de densidade no corpo hídrico, mas cujo aumento não provoca qualquer efeito no corpo hídrico, é a *Hydrocotyle ranunculoides*. Sua maior densidade é observada na região Montante do corpo hídrico, mas sempre em densidades relativas inferiores a 10%. Esta espécie se desenvolve em regiões próximas da margem do corpo hídrico, em locais de baixas profundidades, formando um emaranhado de rizomas próximos a superfície da água.

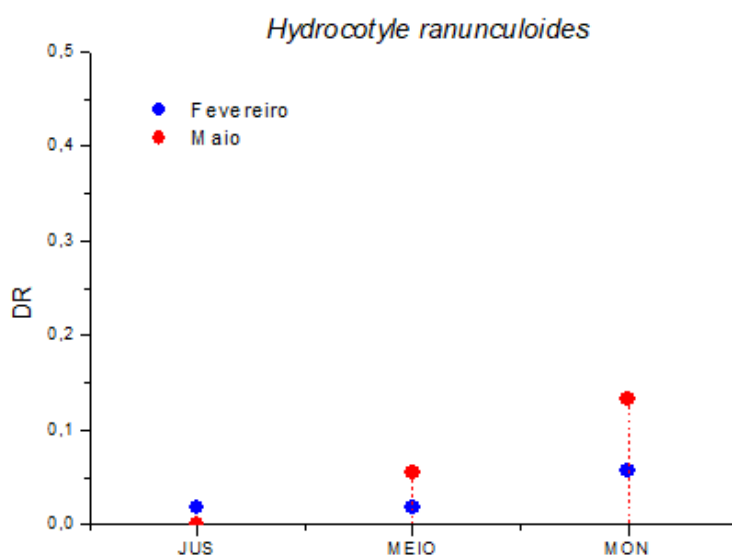


Figura 06 – Variação da densidade relativa de *Hydrocotyle ranunculoides* (HYDRA), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

A alface d'água (*Pistia stratiotes*) apresentou aumento em sua densidade relativa em todos os segmentos do reservatório da UHE Tibagi Montante, sendo este aumento pouco significativo na região de Montante. Este aumento da população da alface d'água nas duas primeiras regiões explica a redução observada na densidade relativa de outras espécies, como a braquiária, cuja população não sofreu grandes aumentos.

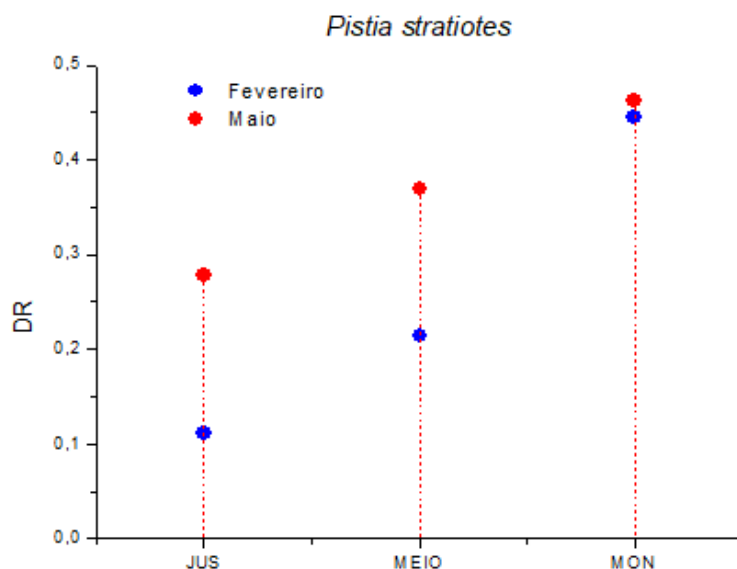


Figura 07 – Variação da densidade relativa de *Pistia stratiotes* (PIIST), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

A alface d'água tem sido a principal colonizadora do reservatório há algum tempo. Atualmente a macrófita se encontra em grandes aglomerados localizados em regiões de remanso, como também espalhadas em faixas contínuas, variando de 0.5 a 3.0 metros de largura. Na grande maioria dos pontos de avaliação em que esta planta se encontra presente, ela apresenta altas densidades populacionais, sendo a espécie que domina e caracteriza a paisagem local.



Foto 03 – População de *Pistia stratiotes*, apresentando plantas dispersas sobre a lâmina d'água de remanso, situado na região central do reservatório da UHE Tibagi, em campanha realizada em maio de 2024.



Foto 04 – Situação das populações de macrófitas aquáticas na barreira flutuante, em campanha realizada em maio de 2024, onde plantas de alface d'água se dispersam para além de seus limites.



Foto 05 – Faixa de plantas de alface d’água, entremeada com aguapé, ao longo da margem do reservatório da UHE Tibagi, em campanha realizada em maio de 2024.

A salvinia (Figura 08) manteve sua densidade relativa nos três segmentos do corpo hídrico, em relação à campanha realizada em fevereiro de 2024. Um fato importante a ser observado é que a população de salvinia encontra-se muito diminuta, com poucos frondes sendo encontrado em alguns pontos de amostragem. As informações deste gráfico explicam a razão da impossibilidade de coleta de amostras de salvinia para fins de análise química de seus tecidos.

A epífita *Oxycarium cubense* (Figura 09) apresentou aumento de densidade justamente nos segmentos em que houve maior densidade de plantas flutuantes, como é o caso da alface d’água e do aguapé. No entanto, o crescimento desta planta exige que, além da presença de grandes aglomerados de plantas flutuantes, que estas estejam fixadas num determinado ponto, evitando sua movimentação com o vento ou com a correnteza.

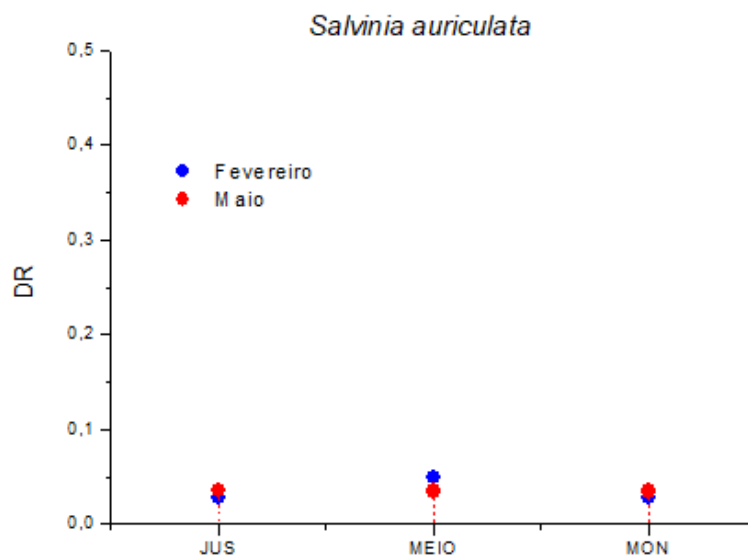


Figura 08 – Variação da densidade relativa de *Salvinia auriculata* (SAVAU), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

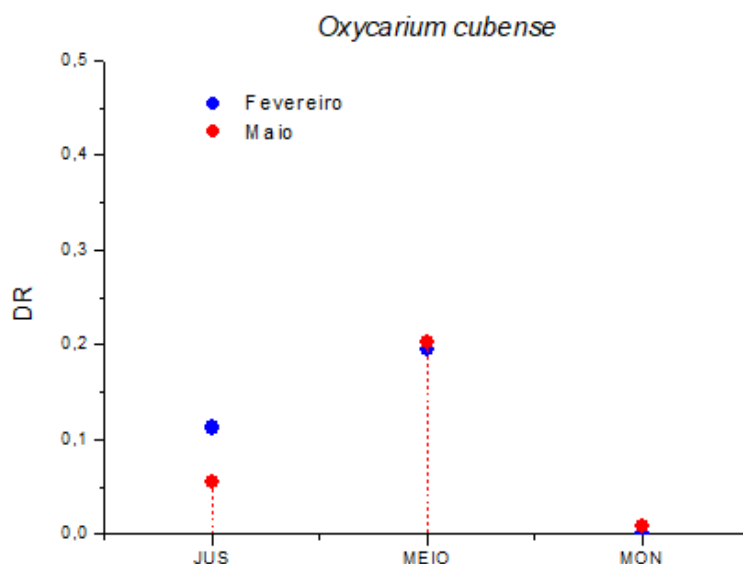


Figura 09 – Variação da densidade relativa de *Oxycarium cubense* (SCPCU), nas três regiões do reservatório de Tibagi em fevereiro e maio de 2024.

Em grande parte dos locais com concentração de plantas flutuantes, foi possível observar um início de crescimento populacional de *O. cubense*, caracteriza por poucas plantas que surgem a partir das partes mais internas das manchas (Foto 06). Em poucos locais também foi observado a presença de plantas de *E. azurea* também entremeada à alface d'água e ao *O. cubense* (Foto 07).



Foto 06 – Início de colonização epifítica de *Oxycarium cubense* sobre população de *Pistia stratiotes* em campanha realizada em maio de 2024



Foto 07 – Faixa de plantas de alface d'água, entremeada com *E. crassipes*, *E. azurea* e *Oxycarium cubense*, em campanha realizada em maio de 2024

Na região Montante do reservatório, anteriormente à população de braquiária que ocupa toda a margem do remanso, existe uma região marginal do espelho d'água colonizada por plantas de *Ludwigia uruguayensis* que se desenvolve da margem do corpo hídrico, avançando de forma também epifítica sobre plantas de alface d'água (Foto 08).



Foto 08 – Elevada densidade de plantas de *Ludwigia uruguayensis* em comunidade marginal de macrófitas aquáticas, em campanha realizada em maio de 2024

No reservatório foram observadas outras plantas cujas densidades estavam restritas a poucas plantas como a taboa, o aguapé-de-cordão, *Rhynchospora aurea*, *Panicum rivulare* e *Commelina diffusa*.

Qualidades físico-químicas da água do reservatório

As figuras abaixo apresentam a variação dos parâmetros de qualidade físico-química da água nos três segmentos do corpo hídrico, conforme metodologia apresentada. As médias foram obtidas a partir de um número aproximado de seis avaliações com sonda multiparamétrica por segmento de reservatório. Nesta campanha foram avaliados os parâmetros temperatura, pH, potencial de oxi-redução, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (%).

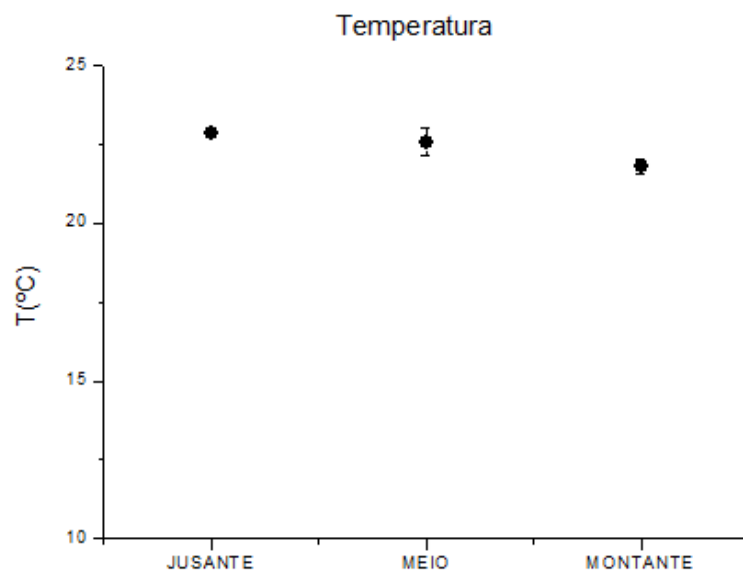


Figura 10 - Variação da temperatura da água nos diferentes segmentos do reservatório de Tibagi em maio de 2024.

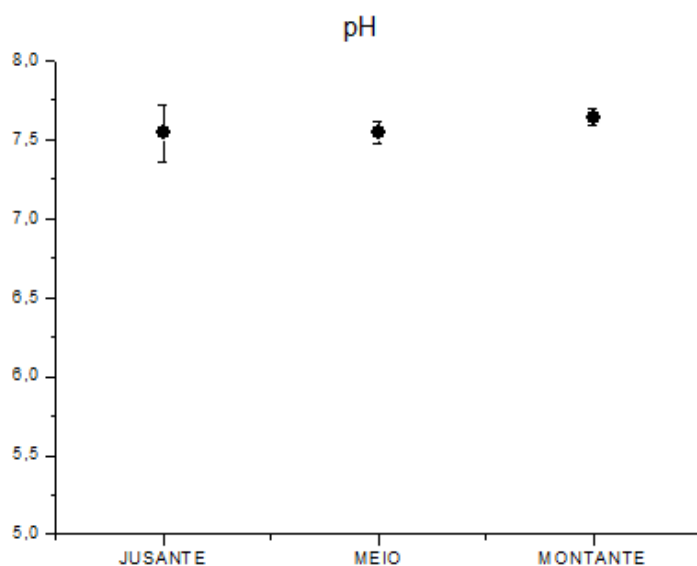


Figura 11 - Variação do pH da água nos diferentes segmentos do reservatório de Tibagi em maio de 2024.

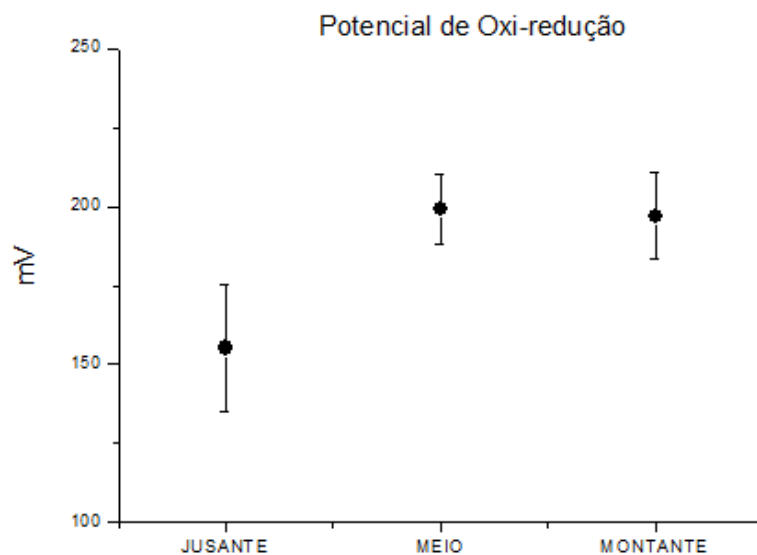


Figura 12 - Variação do potencial de oxi-redução da água nos diferentes segmentos do reservatório de Tibagi em maio de 2024.

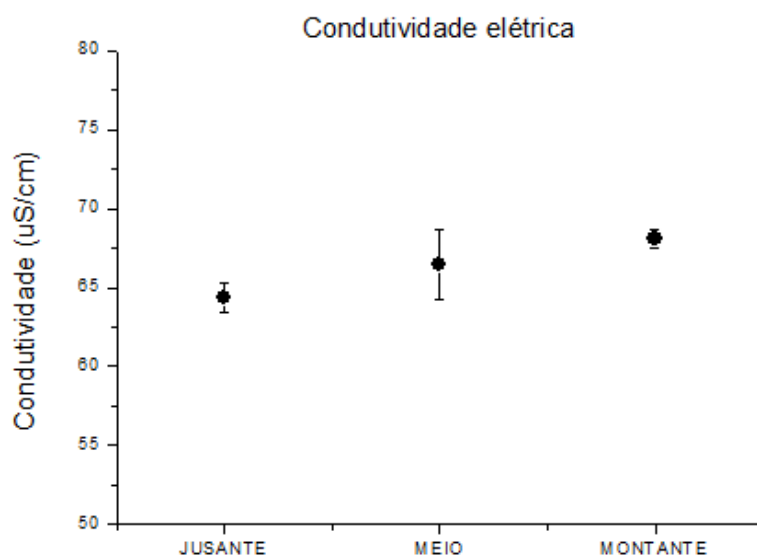


Figura 13 - Variação da condutividade elétrica da água nos diferentes segmentos do reservatório de Tibagi em maio de 2024.

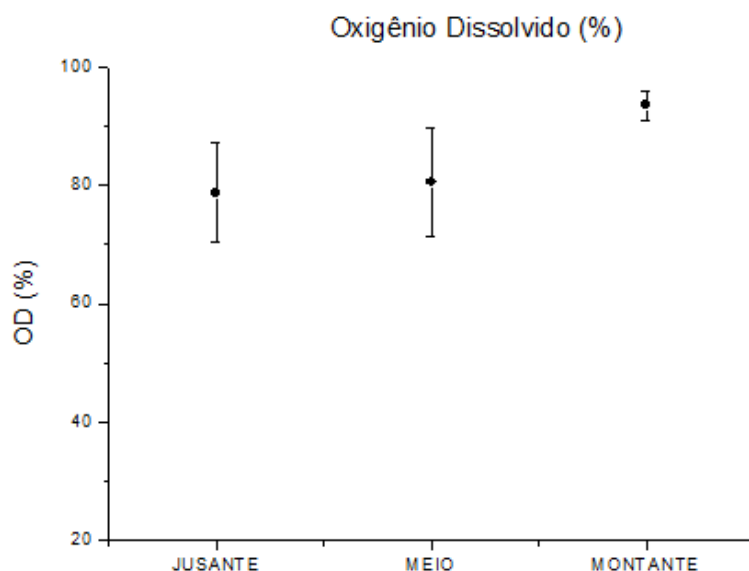


Figura 14 - Variação dos teores de oxigênio dissolvido da água nos diferentes segmentos do reservatório de Tibagi em maio de 2024.

A temperatura do reservatório é praticamente a mesma em qualquer região. No entanto, em relação à campanha anterior (fevereiro de 2024), a temperatura mostrou-se um pouco inferior. Esta alteração, entretanto, não afeta a dinâmica das plantas aquáticas. Tanto o pH como o potencial de oxi-redução mantiveram-se sem grandes alterações desde a campanha de fevereiro de 2024. A condutividade elétrica da água também não apresenta alterações significativas em relação ao local dentro do corpo hídrico. A saturação de oxigênio dissolvido na água é superior a 80%, sendo este valor considerado muito bom para o desenvolvimento de peixes e outros organismos aquáticos.

De modo geral, a presença das plantas aquáticas não está afetando as qualidades físico-químicas da água do reservatório da UHE Tibagi Montante.

Concentrações de nutrientes nas macrófitas

As figuras abaixo apresentam as concentrações de nutrientes e metais na biomassa de duas (2) macrófitas aquáticas de hábito flutuante: *Eichhornia crassipes* (EICCR) e *Pistia stratiotes* (PIIST). Nesta campanha a população de *Salvinia auriculata* estava muito baixa, se limitando a poucas plantas (frondes) por ponto amostral, o que impediu sua coleta em quantidades suficientes para realização da análise de composição química, conforme especificado anteriormente nos resultados da comunidade de plantas aquáticas.

Os dados representam as concentrações dos elementos em cinco épocas de coleta: outubro 22, julho e novembro de 2023, fevereiro e maio de 2024. As figuras 15 a 20 representam as

concentrações de macronutrientes nas três espécies de macrófitas flutuantes nas épocas de amostragem.

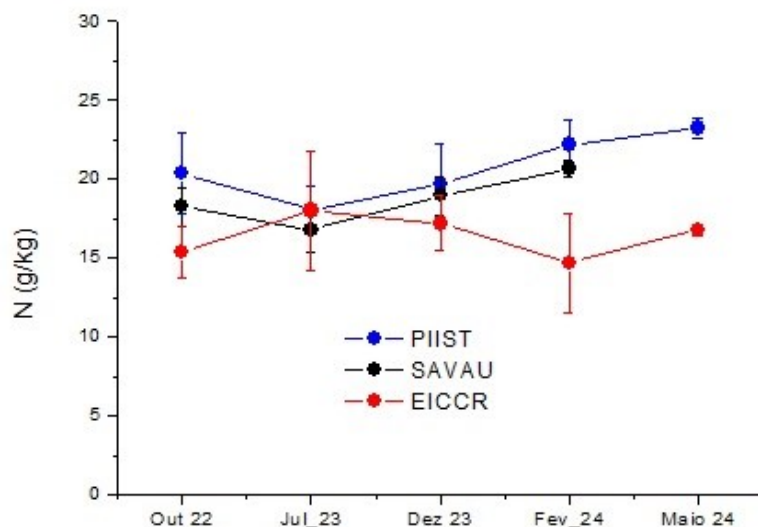


Figura 15 – Valores da concentração de nitrogênio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2023 e 2024.

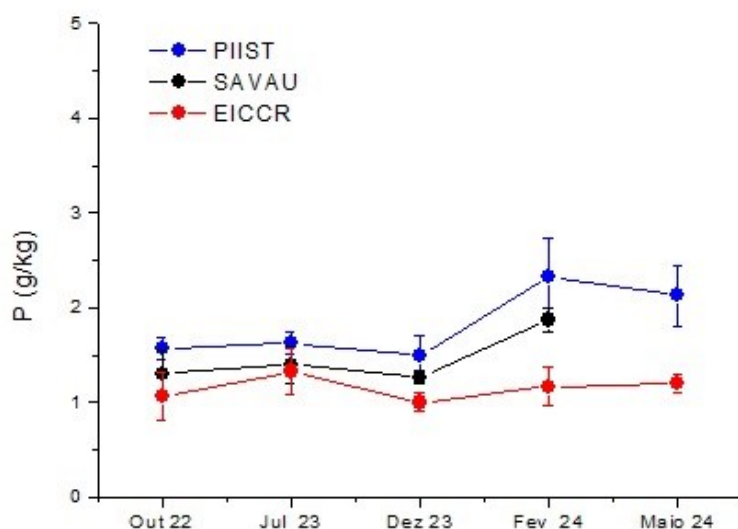


Figura 16 – Valores da concentração de fósforo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

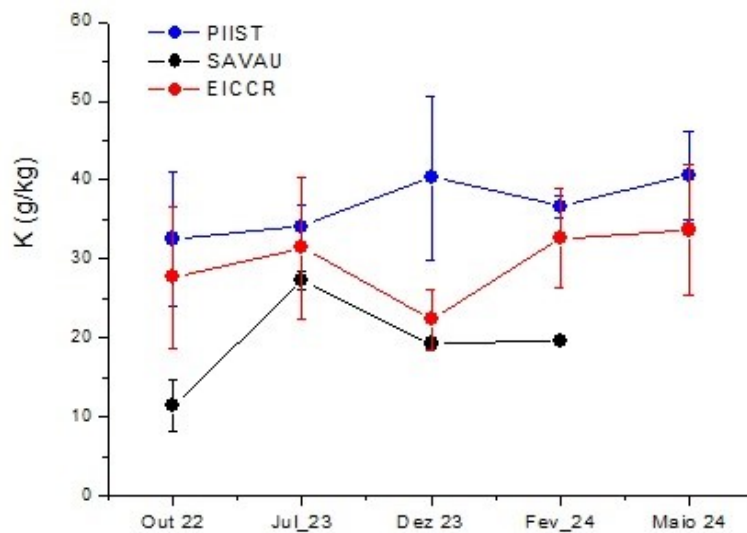


Figura 17 – Valores da concentração de potássio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

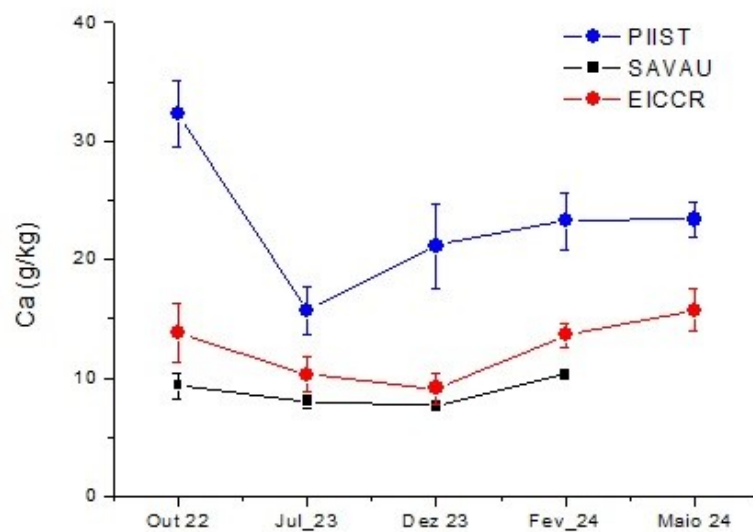


Figura 18 – Valores da concentração de cálcio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

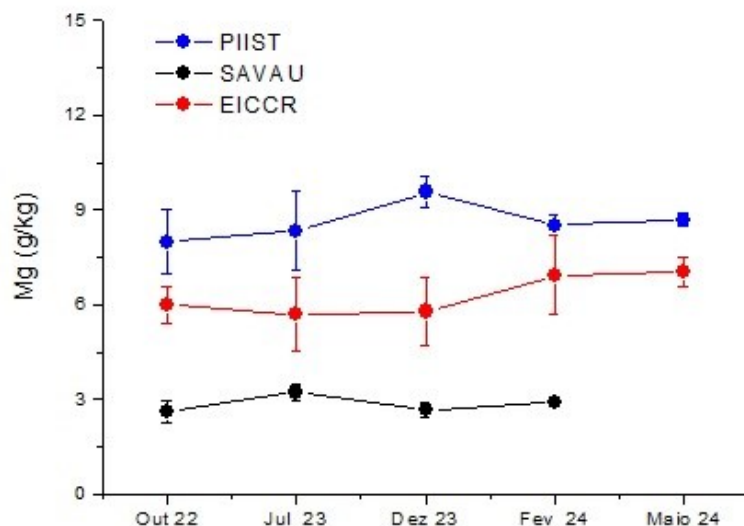


Figura 19 – Valores da concentração de magnésio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

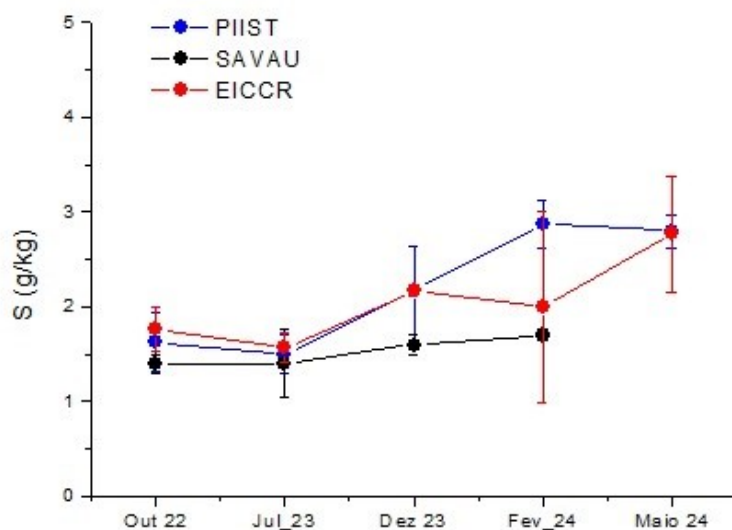


Figura 20 – Valores da concentração de enxofre em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

As plantas de aguapé, alface d'água e salvinia apresentaram concentrações semelhantes de nitrogênio até a campanha de novembro de 2023. A partir de fevereiro de 2024 a biomassa de alface d'água (PIIST) apresentou uma concentração de nitrogênio significativamente mais alta que o aguapé, porém não diferiu do valor apresentado por salvinia em fevereiro de 2024. O aguapé apresentou o menor valor de concentração deste nutriente nas últimas duas campanhas.

As três macrófitas flutuantes não diferiram quanto à concentração de fósforo em seus tecidos nas campanhas realizadas entre outubro de 2022 e novembro de 2023. A biomassa de alface d'água e salvinia coletada em fevereiro e a biomassa da alface d'água coletada em maio de 2024 apresentaram concentrações de fósforo significativamente superiores às observadas em aguapé. A biomassa de salvinia não diferiu da biomassa de alface d'água na concentração de fósforo na coleta realizada em fevereiro de 2024.

Com relação ao potássio, a alface d'água e o aguapé apresentaram concentrações superiores à salvinia em outubro de 2022, fevereiro e maio de 2024. Somente na coleta de novembro de 2023 a alface d'água apresentou concentrações significativamente superiores as duas outras espécies. A salvinia sempre apresentou os menores valores de concentração de potássio, mas não diferiu do aguapé em julho e novembro de 2023.

A alface d'água se apresentou como a maior acumuladora de cálcio em seus tecidos, em todas as épocas de amostragem. O aguapé apresentou concentrações superiores à salvinia apenas nas coletas de outubro de 2022 e fevereiro de 2024.

Em todas as coletas de amostras, a alface d'água foi superior as demais espécies no acúmulo de magnésio em seus tecidos, sendo seguida pelo aguapé, o qual também apresentou valores estatisticamente superiores à salvinia. Não foram observadas diferenças entre as espécies na concentração de enxofre em seus tecidos.

As figuras de 21 a 29 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.

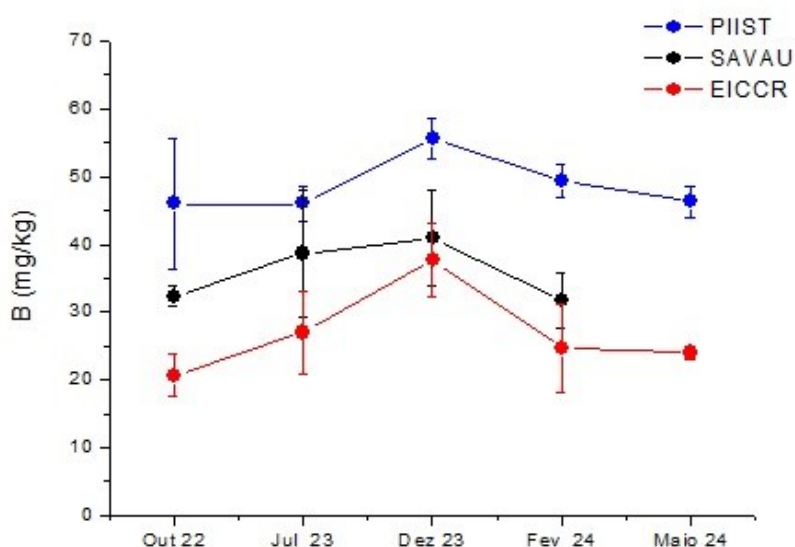


Figura 21 – Valores da concentração de boro em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

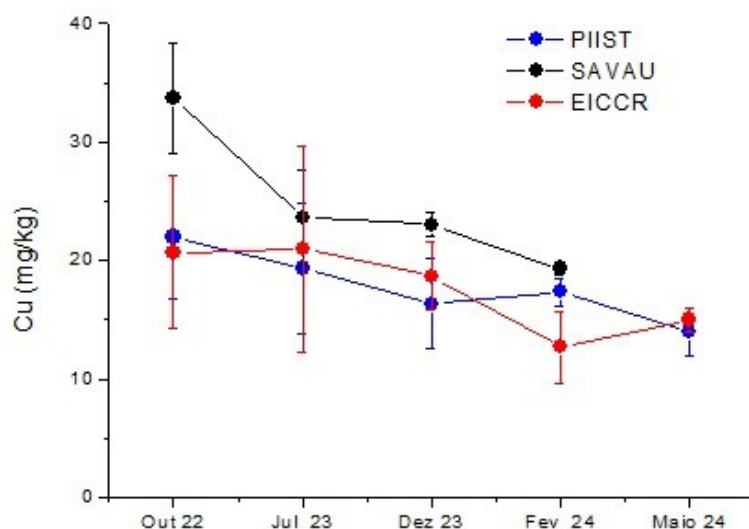


Figura 22 – Valores da concentração de cobre em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

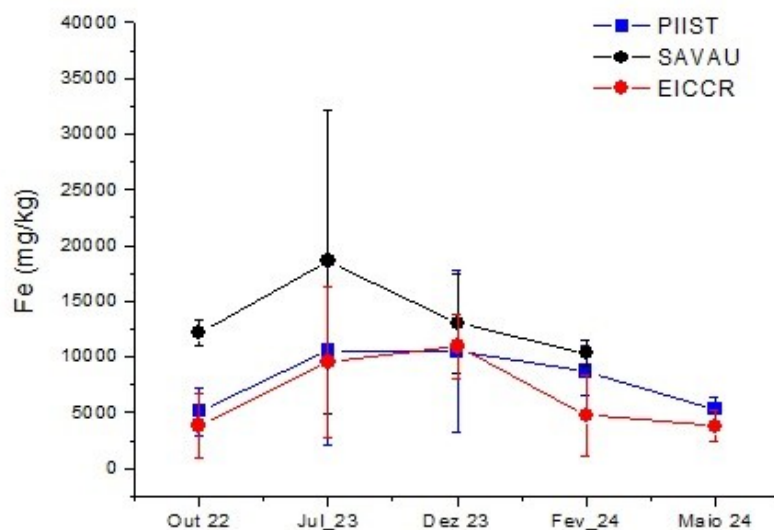


Figura 23 – Valores da concentração de ferro em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

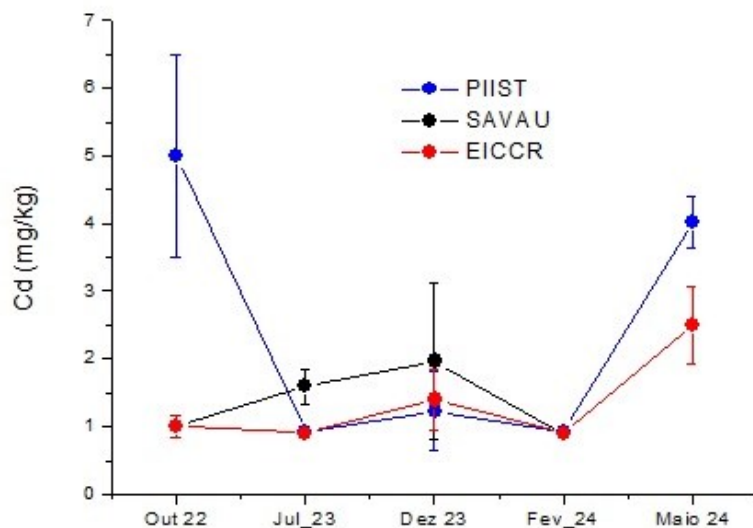


Figura 24 – Valores da concentração de cádmio em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

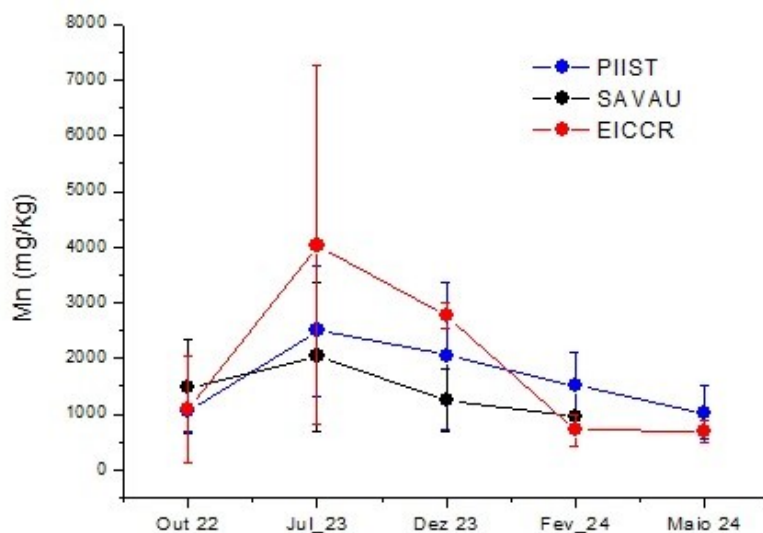


Figura 25 – Valores da concentração de manganês em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

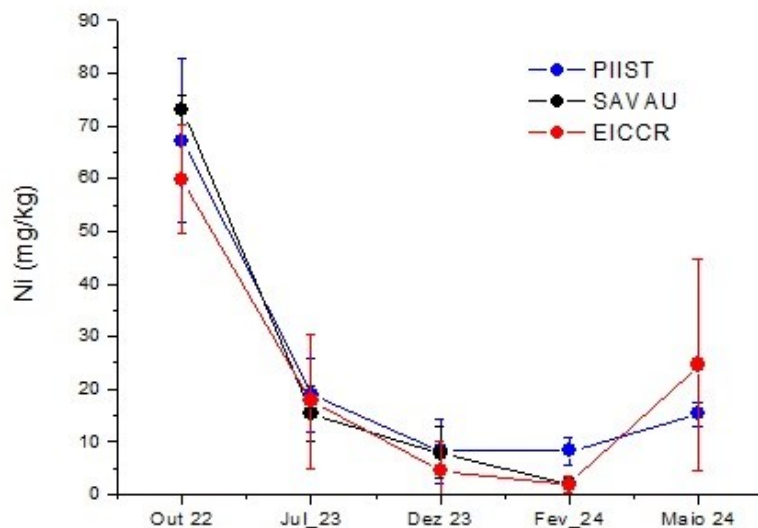


Figura 26 – Valores da concentração de níquel em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

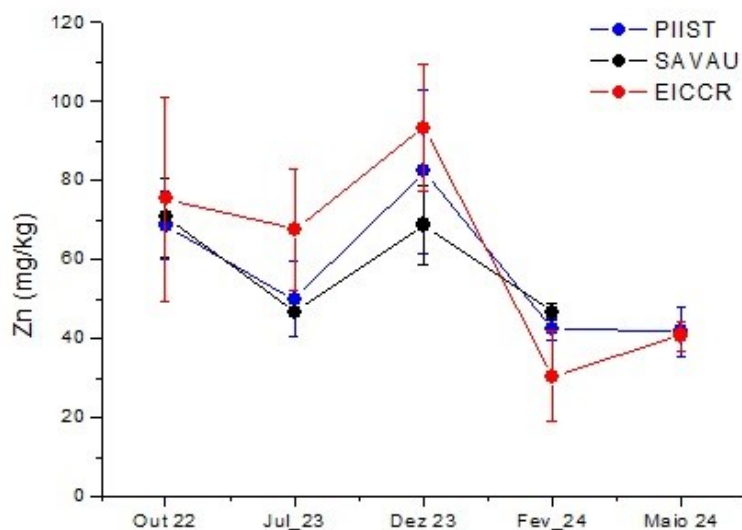


Figura 27 – Valores da concentração de zinco em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

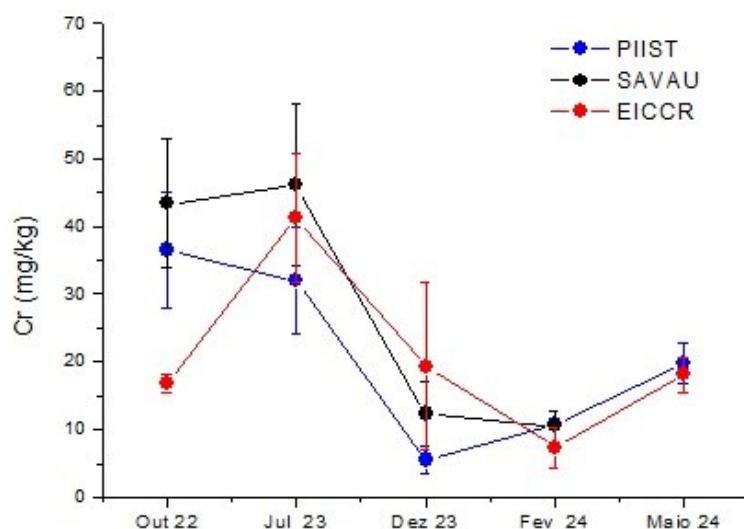


Figura 28 – Valores da concentração de cromo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

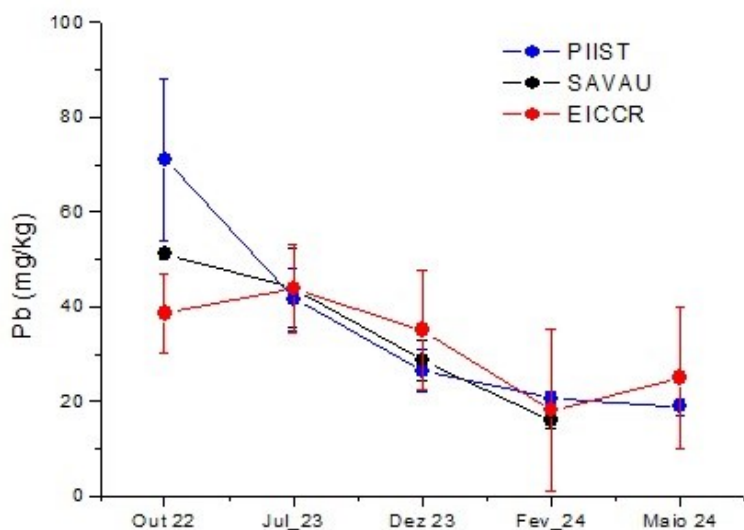


Figura 29 – Valores da concentração de chumbo em plantas de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas campanhas de coleta em 2022, 2023 e 2024.

A alface d'água (PIIST) apresentou as maiores concentrações de boro em seus tecidos em todas as épocas de amostragem, com exceção da amostragem realizada em julho de 2023 quando seus valores não diferiram estatisticamente da salvinia. Os valores observados em salvinia foram semelhantes aos observados em aguapé, com exceção da coleta de outubro de 2022.

A salvinia apresentou concentrações de cobre semelhantes as demais espécies, com exceção da amostra retirada em outubro de 2022, quando apresentou valores superiores. De modo geral, observa-se uma tendência de redução da concentração deste metal nas plantas com o passar do tempo.

A concentração de ferro nos tecidos vegetais foi semelhante para as três espécies analisadas, em todas as épocas de amostragem. Um fato interessante é o grande desvio padrão dos dados observado na concentração média de ferro em salvinia na coleta realizada em julho de 2023.

Na coleta de outubro de 2022 a alface d'água (PIIST) apresentou uma concentração de cádmio superior as demais espécies, atingindo valor de 5,0 mg/kg de matéria seca em outubro de 2022. Após esta coleta, até a coleta de maio de 2024 as concentrações foram semelhantes entre as plantas, quando então houve um aumento significativo da concentração do elemento em alface d'água (4,0 mg/kg de matéria seca), o qual tornou-se superior ao observado em aguapé.

As concentrações de manganês foram semelhantes nas espécies e épocas de amostragem. Um valor muito alto no desvio padrão dos dados na coleta de julho de 2023 para as concentrações do elemento em aguapé foi observado, com amostras atingindo 4.000 mg/kg de matéria seca,

Houve uma tendência geral de redução da concentração de níquel nos tecidos das plantas aquáticas até a coleta realizada em fevereiro de 2024. Na coleta de maio de 2024 observa-se um início de aumento nestas concentrações em aguapé (que apresentou alta variabilidade dos dados) e alface d'água.

Não houve diferença entre espécies na concentração de zinco em seus tecidos.

A concentração de cromo foi semelhante entre as espécies em todas as épocas de amostragem, com exceção da amostra de aguapé coletada em outubro de 2022, a qual apresentou valores inferiores às demais.

Na coleta realizada em outubro de 2022, a concentração de chumbo na alface d'água foi superior a apresentada em salvinia, a qual também foi superior à observada em aguapé. Nas demais épocas de coleta de amostras, não houve diferença entre as espécies na concentração deste metal pesado.

5. Considerações finais

A comunidade de plantas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante ocupa uma área de cerca de 1% da área de espelho d'água do corpo hídrico. A diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi permanece relativamente constante, conforme pode ser constatado nos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener. Essa constância também se reflete na equitabilidade das populações, com exceção da comunidade avaliada em julho de 2023.

A braquiária aquática (*Urochloa subquadriflora*) que inicialmente foi classificada como uma espécie esporádica no corpo hídrico, hoje se encontra classificada como pouco frequentem aumentando sua frequência para 25% dos pontos amostrados.

A salvinia (*Salvinia auriculata*) que apresentava baixa densidade relativa em julho do ano passado, agora se encontra em populações muito pequenas, dificultando inclusive sua identificação nos pontos amostrais. No entanto, esta espécie encontra-se distribuída por metade do reservatório, mesmo em populações diminutas. Possivelmente esta macrófita reduz consideravelmente sua população nos meses de inverno, para depois retomar seu crescimento populacional com o aumento das temperaturas na primavera. Uma vez que as condições se tornarem favoráveis, sua população deve apresentar um crescimento quase que exponencial por um determinado tempo.

A alface d'água (*Pistia stratiotes*) e o aguapé (*Eichhornia crassipes*) ainda representam grande parte da vegetação aquática do corpo hídrico, contabilizando juntos cerca de 50% da importância da vegetação infestante. A alface d'água atualmente ocupa áreas bem superiores ao aguapé, colonizando áreas marginais do espelho d'água e alguns remansos (Fotos 09 e 10). Como muitas destas plantas não se encontram presas, existe grande probabilidade desta vegetação se espalhar por diversas regiões do corpo hídrico, iniciando novos focos de crescimento populacional.



Foto 09 – População de *Pistia stratiotes* em remanso do reservatório da UHE Tibagi Montante em maio de 2024.



Foto 10 – Plantas de alface d’água colonizando a margem do espelho d’água do reservatório da UHE Tibagi Montante em maio de 2024.

A alface d’água, atualmente, representa a única espécie que tem potencial de atingir áreas próximas à barragem e à tomada d’água da UHE Tibagi Montante, devido a sua alta população e distribuição ao longo a área inundada.

O *Oxycarium cubense*, planta que no passado provocou aumento do volume de biomassa colhida no reservatório, ainda se encontra em populações muito baixas, com 11,9% de densidade relativa, mas sendo identificada em 46% dos pontos amostrados. Esses dados indicam que a planta apenas aguarda que as condições se tornem favoráveis (grandes massas flutuantes em estagnação) para a um aumento populacional. Dessa forma, o monitoramento desta epífita acaba sendo uma consequência do monitoramento da população de alface d’água e da salvinia em remansos.

A composição química das plantas aquáticas flutuantes permanece constante com relação à coleta anterior, sendo que em sua maioria, há tendência de redução da concentração de metais com o passar do tempo. O aumento observado na concentração de cádmio em *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* pode ser devido a algum fator esporádico, que provavelmente deverá ser comprovado pelas avaliações futuras. De qualquer modo, as plantas aquáticas são importantes exportadoras de nutrientes e metais quando controlada pela colheita mecânica, promovendo a eliminação destes elementos da coluna d’água.

As características físico-químicas de qualidade da água mantiveram-se constantes em relação ao levantamento anterior, com altas concentrações de oxigênio dissolvido e baixa condutividade elétrica da água.

Com a chegada do inverno na região sul do país algumas destas macrófitas terão suas populações reduzidas pelas baixas temperaturas, seja devido à ausência de crescimento

vegetativo, ou pela queima causada pela geada. Esta suscetibilidade às condições frias é diferente para cada espécie, o que determinará qual delas deverá iniciar seu crescimento populacional com maior número de indivíduos e mais rapidamente quando a temperatura aumentar.

O controle deste crescimento da vegetação pode ser realizado pela retirada sistemática das plantas de alface d'água antes que estas formem grandes populações, principalmente nas regiões de remanso e área com presença de paliteiros, ou mesmo pelo isolamento dessa macrófitas nesses locais, aumentando a competição interespecífica e facilitando o desenvolvimento de predadores naturais. Uma teoria seria que a remoção de parte desta vegetação flutuante no inverno, quando as condições não são ideais para seu crescimento, promoveria a redução do número de focos de crescimento no verão, reduzindo assim a velocidade de ocupação do espelho d'água pela vegetação.

De modo geral, o reservatório de Tibagi mantém uma vegetação aquática em crescimento moderado, o qual deve ser reduzido pelos meses de inverno. Em anos passados foi verificada a queima de plantas de aguapé e alface d'água pela geada, o que poderá ocorrer também este ano e reduzir suas populações.

A braquiária aquática apresentou aumento de sua frequência no corpo hídrico, e deve ser monitorada principalmente com relação à sua invasão nas áreas de matas ciliares.