

# O MANEJO DE MACRÓFITAS NA AQUICULTURA

## THE MANAGEMENT OF MACROPHYTES IN AQUACULTURE

**Marília Medeiros Fernandes de Negreiros**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/CBV

[marilia.negreiros@ifrr.edu.br](mailto:marilia.negreiros@ifrr.edu.br)

**Rommel Rocha de Sousa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/CAM

[rommelpesca@gmail.com](mailto:rommelpesca@gmail.com)

**Shadai Mendes Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/CAM

[shadai.silva@ifrr.edu.br](mailto:shadai.silva@ifrr.edu.br)

**Petra Samyly da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/CAM

[dasilvapetrasamylly@gmail.com](mailto:dasilvapetrasamylly@gmail.com)

### **RESUMO**

O controle de macrófitas aquáticas é essencial para manter a qualidade da água em ecossistemas aquáticos. Métodos físicos, como a remoção manual e mecânica, são eficazes, porém apresentam desafios logísticos e financeiros. A retirada mecânica envolve o uso de equipamentos especializados, enquanto a manual é mais adequada para pequenos corpos d'água. Um dos principais desafios desse método é a necessidade de remoção completa da biomassa cortada para evitar o aporte excessivo de nutrientes na água, o que pode gerar “blooms” de *fitoplâncton* e comprometimento da qualidade ambiental. O reaproveitamento da biomassa removida surge como alternativa sustentável, podendo ser utilizada na produção de biogás, fertilizantes e ração animal. Entretanto, a presença de metais pesados na biomassa pode limitar seu uso em cadeias alimentares. O controle químico, por meio de herbicidas, é amplamente empregado, mas pode causar impactos negativos na biota aquática e na saúde humana. Alternativamente, bioherbicidas, como fungos e insetos para controle biológico, têm se mostrado promissores, reduzindo impactos ambientais. Diante dos altos custos e riscos ambientais dos métodos convencionais, novas abordagens vêm sendo estudadas, incluindo tecnologias combinadas de flotação e remoção de flutuantes. A escolha do método de controle deve considerar fatores ambientais, econômicos e sociais, buscando minimizar impactos negativos e promover a sustentabilidade na gestão de macrófitas aquáticas.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Macrófitas aquáticas. Remoção mecânica. Biogás. Herbicidas. Controle biológico.

### **ABSTRACT**

*Sustainable entrepreneurship plays a crucial role in regional economic and environmental development. In the state of Roraima, Brazil, the municipality of Amajari presents significant potential for the implementation of sustainable business models, particularly in aquaculture and renewable energy sources. This study analyzes how traditional and social entrepreneurship can drive local development by promoting economic inclusion and improving environmental quality. The research highlights the importance of biogas as a renewable energy source derived from organic waste generated in aquaculture. The methodology includes a literature review, case studies, and field research to assess the feasibility of implementing these technologies in Amajari. The results indicate that integrating sustainable energy solutions with local businesses can enhance productivity, reduce environmental impact, and generate social benefits for the community. Furthermore, the findings emphasize the need for public policies and incentives to support entrepreneurs in adopting innovative and sustainable practices. In conclusion, the study reinforces the potential of sustainable entrepreneurship as a transformative tool for economic and social development in regions with environmental and logistical challenges.*

#### **KEYWORDS:**

*Sustainable entrepreneurship. Renewable energy. Biogas. Aquaculture. Regional development.*

## **INTRODUÇÃO**

Conhecer os principais gêneros de macrófitas é de extrema importância para compreender como elas alteram os ambientes. Sabemos que as macrófitas tanto podem melhorar as atividades humanas como acarretar alguns problemas. Por isso, começaremos conhecendo como são as macrófitas aquáticas do Brasil. Posteriormente, veremos como elas podem ser usadas na aquicultura e quais problemas podem gerar nesse tipo de atividade.

São várias as terminologias utilizadas para descrever os vegetais observados no ambiente aquático, tais como hidrófitas, helófitas, euhidrófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitas, macrófitos aquáticos, entre outros (Esteves, 2011). Esses organismos são caracterizados por serem encontrados nas margens e nas áreas rasas de rios, lagos e reservatórios, em cachoeiras e fitotelmhos, nas regiões costeiras, em água doce, salgada e salobra (Esteves, 2011), por isso têm o ambiente aquático como característica em comum.

Além do seu ambiente, as macrófitas compartilham outras características. De acordo com Bornette & Puijalon (2009), as principais características das macrófitas são estas: presença de pouca lignificação, água corporal densa (protegendo a planta contra o estresse gravitacional), presença de aerênquima (aumentando a oxigenação da raiz), folhas largas e finas (aumentando a superfície de contato para tocas gasosas), propagação vegetativa (acelerando a reprodução em condições favoráveis), dispersão com auxílio da flutuação, capacidade regenerativa, maior riqueza de espécies em ambientes com níveis intermediários de nutrientes (caindo a riqueza com a maior concentração de nutrientes) e capacidade de produzirem substâncias alelopáticas (substâncias que interferem no crescimento de outras plantas).

Apesar das diversas características em comum, as macrófitas podem possuir diferenças devido aos diferentes graus de adaptação a diferentes ecótonos. As macrófitas foram classificadas por Esteves (2011) nos seguintes tipos: anfibia, flutuante fixa, submersa livre, flutuante livre, epífita, emergente e submersa fixa (tabela 3 e figura 1). Essa classificação em diferentes grupos foi organizada na figura 1 de modo a representar os tipos de acordo com sua distribuição da margem para o interior de um lago.

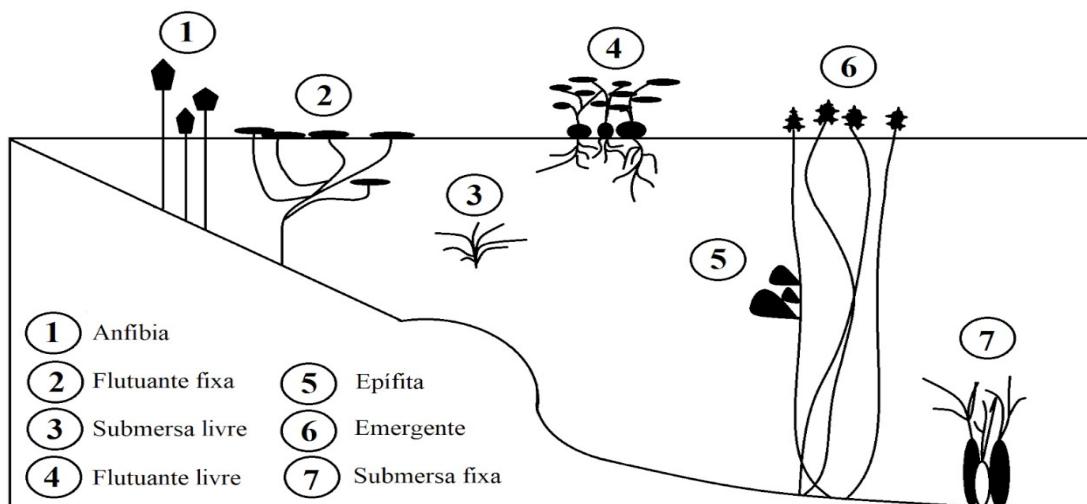
Tabela 1 – Descrição dos principais tipos de macrófitas

<b>Tipo</b>	<b>Definição</b>	<b>Gêneros/Espécies</b>
Anfibia	Organismo que vive tanto em área alagada como fora da água	<i>Xanthosoma, Ipomoea, Fimbristylis Sesbania</i>

Flutuante fixa	Organismo com folhas flutuantes e/ou caule flutuante e raízes fixadas no fundo	<i>Nymphaea, Nymphoides, Vitoria</i>
Submersa livre	Organismo totalmente submersas e não fixadas (flores podem emergir)	<i>Utricularia</i>
Flutuante livre	Organismo totalmente flutuante e livremente transportada	<i>Eichhornia, Limnobium, Lemna, Salvinia, Pistia, Azolla;</i>
Epífita	Organismo que se instala em cima de outros organismos	<i>Mikania cordifolia, Cyperus gardneri, Eleocharis mutata</i>
Emergente	Organismo com folhas parcialmente submersos e/ou parcialmente emersos e raízes fixadas no fundo	<i>Echinochloa, Typha, Pontederia, Echinodorus, Eleocharis</i>
Submersa fixa	Organismo com caule e folhas submersas e raízes fixadas no fundo	<i>Vallisneria, Nitella</i>

Fonte: modificado de Esteves (2011) e Tardivo, Bach & Moro (2007)

Figura 1 – Biótopos de macrófitas em um lago



Fonte: Modificado de Irgang *et al.* (1984)

A importância da diversidade de macrófitas está relacionada com os diferentes ambientes que elas ocupam, por isso as macrófitas de cada tipo de ambiente desempenham papéis diferentes. Por exemplo, Pompêo (2017) aponta que as macrófitas aquáticas enraizadas no fundo (representantes 1, 2, 6 e 7 da figura 1) têm a habilidade de assimilar nutrientes presentes no sedimento, e as macrófitas aquáticas com raízes flutuantes retiram nutrientes diretamente da massa de água (representantes 3, 4 e 5 da figura 1).

## MACRÓFITAS E SEUS USOS NA AQUICULTURA

### Panorama Geral

A aquicultura é uma atividade de muita importância na produção de alimentos e, por isso, proporciona benefícios econômicos e sociais. Porém, impactos ambientais relacionados a

tal atividade, como os efluentes de água e seu lançamento sem tratamento prévio em ambientes aquáticos, podem provocar alterações físicas e químicas no meio ambiente.

Por exemplo, Hu *et al.* (2012) alertam que a produção de organismos aquáticos demanda altos volumes de água e resulta em um efluente excessivamente rico em nutrientes. Esse excesso de nutrientes, de acordo com Hussar & Bastos (2008), contém principalmente sólidos orgânicos, em suspensão, amônia, fosfato, entre outros compostos, e se torna um problema para os ecossistemas.

Uma forma de evitar a contaminação desses ambientes é realizar o tratamento da água, e uma alternativa natural de baixo custo é o uso de macrófitas aquáticas, porque a capacidade de absorção (de nutrientes ou substâncias tóxicas) confere às macrófitas a possibilidade de serem amplamente utilizadas como remediadores dos ecossistemas naturais ou mesmo em sistemas construídos (*wetlands*) no tratamento de efluentes (Travaini-Lima; Sipaúba-Tavares, 2012; Pompêo, 2017; Nogueira, 2019).

Um exemplo prático desse tratamento pode ser verificado no caso relatado por Molisani *et al.* (2006), pois esses autores verificaram que, ao se remover 20% da biomassa total de macrófitas do reservatório, seria possível retirar cerca de 10% do mercúrio que contaminava o sistema aquático.

Particularmente para a piscicultura, existem estudos, como os de Sipaúba-Tavares *et al.* (2002); Henry-Silva & Camargo (2008) e Sipaúba-Tavares *et al.* (2014), que demonstram a viabilidade do uso de macrófitas no tratamento de efluentes gerados por viveiro e como composto alimentar de larvas de *Colossoma macropomum* (tambaqui) (Sipaúba-Tavares *et al.*, 2007), espécie importante especialmente na piscicultura na Região Norte do País.

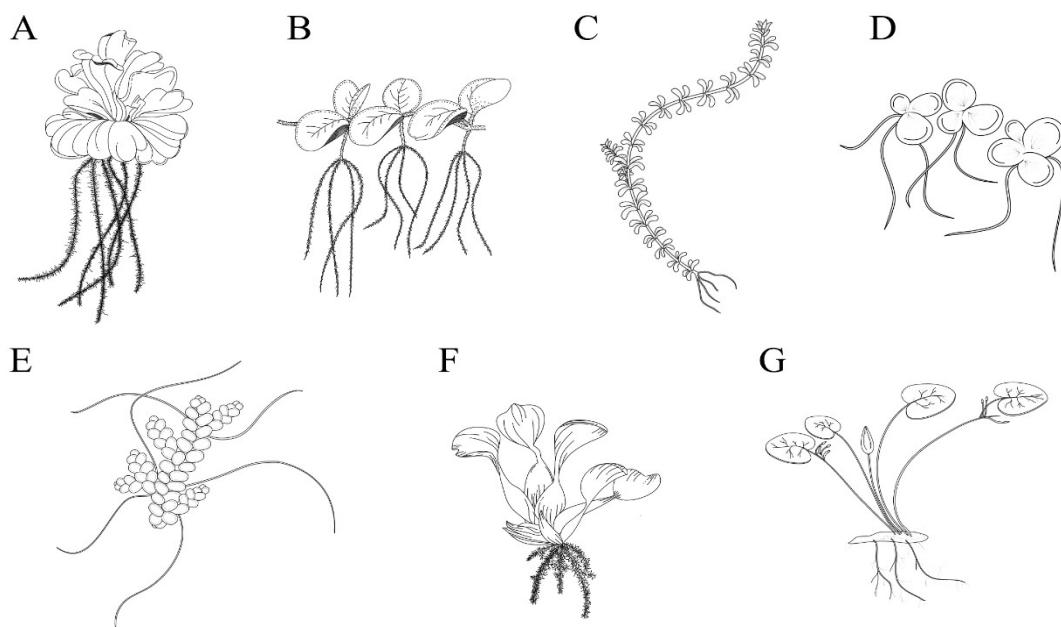
Por outro lado, em condições de abundância de nutrientes, por exemplo, as macrófitas aquáticas podem crescer intensamente e ocupar extensas áreas do espelho de água, no caso das espécies flutuantes, ou do fundo do reservatório, no caso das outras espécies, com a consequência de trazer transtornos de diversas ordens aos gestores do sistema aquícola e à população em geral (Pompêo, 2017).

### **Macrófitas mais utilizadas**

De acordo com a revisão sistêmica e metanálise de Nogueira (2019), as espécies de macrófitas mais utilizadas para o tratamento de efluentes da água proveniente da aquicultura são a *Eichhornia crassipes*, a *Pistia stratiotes*, a *Lemna laevigatum*, a *Salvinia auriculata* e a *Azolla sp.* Além dessas, os gêneros *Elodea* e *Lemna* também são amplamente usados. Na figura 1, observam-se representações dos principais gêneros de macrófitas utilizados na aquicultura:

Todas essas espécies são classificadas como flutuantes livres, ou seja, o organismo é totalmente flutuante e suas raízes ficam dispersas na água absorvendo os seus componentes. Essa absorção pode promover um serviço ambiental, pois podem ser usadas para a retirada dos nutrientes em excesso que foram acumulados nos sistemas de produção de peixes.

Figura 2 – Representação gráfica dos gêneros de macrófitas: A- *Pistia*; B - *Salvinia*; C - *Elódea*; D - *Lemna*; E - *Azolla*; F - *Eichornia*; G - *Nymphoides*;



Fonte: Autoria própria

Para discutirmos qual espécie utilizar, devemos conhecer um pouco mais sobre cada uma.

O gênero *Pistia* tem como nome popular alface-d'água. Nele, incluem-se espécies flutuantes originárias das Américas. Suas espécies possuem folhas verde-claras aveludadas em formato que lembra um alface. Possuem um caule curto que origina raízes longas, que se situam superficialmente na coluna de água e servem de abrigo para diversos organismos. Por fim, esse gênero se desenvolve bastante em ambientes eutrofizados e é bioindicador de ambientes poluídos (figura 2A).

O gênero *Salvinia* compõe plantas que não possuem flores por se tratar de pteridófitas. Elas são dulcícolas, flutuantes e originárias da América do Sul. Possuem folhas pequenas que contêm inúmeros tricomas (“pelos”) que auxiliam na flutuação e impermeabilização da planta. Suas estruturas de absorção de nutrientes são chamadas de radicelas, que se assemelham a raízes e que servem de abrigo para diversos organismos (figura 2B).

O gênero *Elódea* compõe plantas com caules alongados e pequenas folhas enroladas que se dispõem de forma diferente, dependendo da espécie. Elas são plantas submersas geralmente enraizadas e originárias das Américas (algumas espécies são invasoras no Brasil). Multiplicam-se facilmente por fragmentação do caule, o que explica o seu potencial invasor. Além disso, possuem alta capacidade de produção de oxigênio quando submetidas à luz e a uma fonte de carbono (figura 2C).

O gênero *Lemna* (família *Lemnaceae*) tem muitas espécies chamadas popularmente de lentilhas-d'água. Essas plantas possuem esse nome por serem as menores angiospermas (plantas com flores) existentes. Suas folhas são flutuantes, seu caule é pequeno e suas raízes são submersas na água doce. Geralmente ocorrem em grupos de 3-4, parcialmente fundidas.

Elas têm grande capacidade de absorção de nutrientes da água, por isso são muito utilizadas como filtros biológicos (figura 2D).

*Azolla* é um gênero de plantas pteridófitas. As folhas recobrem o caule de forma alternada. Possuem rizoma (caule) delgado, ramificado e raízes solitárias, ou fascículos, que permanecem submersas na água. Essas folhas também costumam ser abrigo para cianobactérias que vivem em simbiose fixando nitrogênio da atmosfera. Por causa do nitrogênio incorporado na planta, as espécies de *Azolla* são muito utilizadas na suplementação de ração animal. (figura 2E).

O gênero *Eichornia* é vulgarmente conhecido no Brasil como aguapé, mururé, orelha-de-veado, pavoá, rainha-do-lago, uape, ou auapê. Esse gênero compõe plantas com flores (angiospermas) de água doce que se distribuem pelo mundo inteiro. Suas raízes são submersas, e as folhas possuem pecíolos esponjosos que auxiliam na flutuação e que seguram o limbo foliar de formato arredondado. O destaque para esse gênero é que ele possui grande capacidade de absorção de poluentes, como águas contaminadas por esgotos e regiões industriais. Por isso, sua principal representante, a *Eichornia crassipes*, é uma espécie invasora e bioindicadora positiva de poluição (figura 2F).

O gênero *Nymphoides* é conhecido popularmente como lírios-d'água, pois suas flores são pequenas e brancas. Também é classificado como planta flutuante fixa. Suas folhas laminares são grandes, em forma de círculo, e flutuam sob a lâmina d'água, enquanto suas raízes penetram o substrato. É muito utilizado para ornamentação e é também bioindicador negativo de poluição (figura 2G).

### Macrófitas e os problemas causados na aquicultura

As macrófitas podem possuir uma capacidade multiplicativa muito alta em certas condições. Devido a esse crescimento exacerbado, elas também costumam ser denominadas na literatura de “daninhas” (Thomaz, 2002).

No Dicionário Priberam (<https://dicionario.priberam.org/daninha>), acessado em agosto de 2021, “daninha” significa “o que causa danos ou estragos; que prejudica”, por isso esse conceito atrela-se a uma visão negativa acerca dessas plantas aquáticas, provavelmente devido aos prejuízos causados por sua proliferação, razão pela qual é importante conhecer a causa desse crescimento desregulado.

Apesar de depender de outros fatores (como a intensidade luminosa e a temperatura), a principal causa da alta proliferação de macrófitas relaciona-se com a qualidade da água em que elas se encontram. Isso já foi observado, por exemplo, em relação à *Salvinia auriculata* e à *Pistia stratiotes* (Andrade, 2009). Destaca-se que a *S. auriculata* se proliferou mais do que a *P. stratiotes*, por isso é importante conhecer quais dessas espécies possuem maior taxa de crescimento e podem acarretar mais problemas de manejo.

### Macrófitas mais problemáticas

Entre as macrófitas já citadas, algumas se destacam por apresentarem altas taxas de crescimento. Essas taxas podem ser mensuradas/informadas, principalmente, de duas maneiras diferentes: quantidade de crescimento por dia (coeficiente de crescimento também chamado de *specific growth rate coefficient*) ou quantidade de dias que são necessários para dobrar a quantidade de biomassa inicial (tempo de duplicação, no inglês *doubling time*).

De acordo com Pompêo (2017), o valor de “*doubling time*” pode ser da ordem de pouco mais de 2 a 115 dias, no entanto 20 dias representam o *doubling time* máximo para a

maioria dos trabalhos. Nesse sentido, Rubim & Camargo (2001) destacam a *Salvinia molesta* (com coeficiente de crescimento de 0,110 a 0,201 dia<sup>-1</sup> e tempo de duplicação de 3,5 a 7,1 dias) como uma macrófita com crescimento mais rápido. Por outro lado, outras macrófitas podem possuir uma taxa de crescimento menor. Por exemplo, Bianchini Jr. *et al.* (2010) observaram crescimento menos expressivo de *Hydrilla verticillata*, com valores de 0,035 dia<sup>-1</sup> (*specific growth rate coefficient*) e tempo de duplicação de praticamente 20 dias.

Com relação ao crescimento do colmo, foi identificado por Pompêo *et al.* (1999) que a *Echinochloa polystachya*, na região do rio Paranapanema (Angatuba, SP), teve crescimento máximo de 7 cm ao dia, enquanto que, na Região Amazônica, conforme observaram Piedade *et al.* (1991), o crescimento da espécie foi na ordem de 15 cm ao dia. Esses dados demonstram que o crescimento é influenciado por diversos fatores ambientais, além da própria espécie.

## POSSÍVEIS SOLUÇÕES NO MANEJO DE MACRÓFITAS NA AQUICULTURA

Diante dos pontos positivos e negativos sobre o uso de macrófitas na aquicultura, é preciso pensar em estratégias que visem à maior quantidade de benefícios com a menor quantidade de malefícios. Para isso, é preciso pensar em manejo.

Na natureza, as populações são autorreguladas, de modo que os indivíduos jovens substituem os indivíduos velhos nas populações (Ricklefs, 2003). Na tentativa de controlar as populações de forma artificial, o homem realiza o chamado manejo. O conceito de manejo é definido por Ferraz (2019) como a influência humana em um sistema ecológico e o controle da fauna silvestre, que pode evitar ou mitigar a perda de biodiversidade. No caso do manejo das macrófitas em tanques de aquicultura, referimo-nos ao controle destas não suprimir a população de pescado.

A aplicação desse manejo pode ser um pouco mais complexa, pois, de acordo com Ricklefs (2003), a redução na biodiversidade envolve o risco de perturbar o equilíbrio de um sistema. Por isso, os ecólogos acreditam que a única maneira efetiva de se preservarem e utilizarem os recursos naturais de forma sustentável é realizar a conservação dos processos ecológicos.

Os processos ecológicos, de acordo com Odum (2006), precisam ser considerados por meio dos “níveis de organização”: célula – órgão – organismo – população – comunidade – ecossistema – bioma – biosfera. Dada a complexidade das interações, o nível seguinte não poderá ser compreendido apenas como um somatório dos processos do nível inferior, e esse entendimento é extremamente importante para considerarmos um equilíbrio ecológico.

Diferentemente do ambiente natural, os sistemas de aquicultura possuem condições próximas aos ideais de crescimento (como abundância de recursos) e com baixíssima biodiversidade, o que causa a desregulação. Porém, mesmo em se tratando de condições consideradas semiartificiais, os cultivos em viveiros podem se utilizar do conhecimento das relações naturais para o manejo. Desse modo, podem-se combinar estratégias mais eficientes para condições ecológicas diferentes.

Além disso, para encontrarmos alguma forma de manejo ideal, iremos discutir como as macrófitas vêm sendo “combatidas”. Como introdução ao tema, destacam-se as principais estratégias: a retirada manual e mecânica, o uso de herbicidas e bioherbicidas, e o uso de peixes herbívoros.

### Retirada manual e mecânica

De acordo com Pompêo (2017), a remoção manual ou mecânica deve ser a primeira alternativa a ser considerada, pois, mesmo em grandes áreas cobertas, sua aplicação trará menor impacto à qualidade da água e ao meio ambiente em comparação com outras técnicas. Nesse sentido, o mesmo autor também faz uma reflexão para a possibilidade de se empregarem técnicas diferentes de retirada manual ou mecânica de modo a considerar o mais adequado/interessante, visando não só ao controle da planta, mas também levando em consideração seu impacto potencial nos demais interesses, usos, biota e recursos, avaliando-se, caso a caso, os custos financeiros e ambientais da aplicação de cada método.

A retirada física, também chamada de aplicação direta, é subdividida em dois métodos: manual e mecânico. O primeiro são procedimentos de simples aplicação, como uso de facas e tesouras, por exemplo. Já o segundo depende do uso de equipamentos de pequeno a grande porte, tais como lâminas cortantes deslizantes, enormes ceifadeiras flutuantes ou escavadeiras (Pompêo, 2017).

A remoção manual de macrófitas aquáticas é um procedimento adequado para pequenos tanques (POMPÊO, 2008). Essa remoção, de acordo com Pompêo (2008), é o método mais simples, pois utiliza, para a coleta das macrófitas, instrumentos de fácil acesso, como pás, facas, outros pequenos instrumentos de corte e bolsas vazadas, ou ganchos para posterior arrasto até a margem. Outros procedimentos simples incluem o uso de instrumento em forma de “V”, com lâminas cortantes na parte externa para se cortar a vegetação fixa no solo. Já os equipamentos mais complexos podem incluir o *rotovation*, equipamento com lâminas giratórias que revolvem o sedimento, removendo a vegetação enraizada.

O cuidado da retirada de raízes e toda a biomassa cortada é extremamente importante nesse tipo de manejo, pois as partes cortadas poderão liberar rapidamente excesso de nutrientes devido ao processo de decomposição da biomassa viva (Pompêo, 2017). Esse aporte rápido de nutrientes frequentemente promove um *bloom* de macrófitas que persistiram no local ou até mesmo de fitoplâncton, prejudicando a qualidade da água devido aos processos de decomposição e crescimento exponencial de biomassa que resultam em níveis de extremo *déficit* de oxigênio e comprometimento de todo o ambiente aquático (Pompêo, 1999).

Por outro lado, Pompêo (2017) aponta que o manejo e a destinação correta dessa biomassa podem ser uma alternativa para o controle da eutrofização, pois ela permite que sejam retirados nutrientes, na forma de biomassa viva, do sistema hídrico. Por isso, o manejo correto pode promover o tratamento da água e a redução dos teores de nutrientes presentes no sistema.

Diante desses possíveis benefícios, a retirada física já foi autorizada em algumas regiões, como nos Estados Unidos da América, para retirada de aguapé de corpos de água da Flórida, Louisiana, Texas, Mississipi e Alabama (Gunkel & Barko, 1998). No Brasil, a retirada física também já foi realizada. Uma proliferação de *Eichhornia crassipes*, no Lago das Garças (Instituto de Botânica, São Paulo), foi removida manualmente com o emprego de ganchos lançados sobre os bancos e, posteriormente, puxada até a margem. Foram removidos cerca de cem caminhões de 5 m<sup>3</sup> cada um.

Uma estratégia semelhante foi usada para conter a proliferação de *Salvinia auriculata* no braço o Rio Grande (município de São Bernardo do Campo, São Paulo-SP). Bancos dessa macrófita foram levados por barco até a margem e manualmente removidos; posteriormente, foram encaminhados a aterro sanitário.

Uma desvantagem atrelada à retirada física é que grandes biomassas envolvem grandes custos. Por exemplo, a retirada de *Typha*, *Brachiaria*, *Salvinia*, *Eichhornia* e *Pistia* do reservatório Taiaçupeba, em fevereiro e abril de 2009, teve um custo de R\$ 95.000,00, valor da época não atualizado (Andrade, 2009). Outro exemplo que pode ser citado foi

explicado por Light (2014). A usina de energia Light despendeu um custo de R\$ 1.650,00 mil/ano para a remoção de 51.000 m<sup>3</sup>/ano de macrófitas.

Ademais, existe a necessidade de recorrentes retiradas manuais. Por exemplo, em 2005, no reservatório Guarapiranga (município de São Paulo-SP), a macrófita emersa *Polygonum ferrugineum* foi removida (2.250 m<sup>3</sup>) com um custo de manejo de 93.000 reais, no entanto, em 2007, o problema se repetiu com essa macrófita (Andrade, 2009).

Por fim, após a retirada das macrófitas, é preciso pensar em como elas serão destinadas. A definição da área de descarte é extremamente importante para o manejo, pois a solução de um problema pode gerar outro caso toda a cadeia de manejo não seja pensada em conjunto. Segundo Pompêo (2008), a macrófita colhida poderá ser momentaneamente depositada na margem do reservatório, porém o seu descarte final não deve ser esse (devido à possibilidade de decomposição e aporte de nutrientes citados anteriormente). Pensando-se em como destinar esse material, podemos categorizar dois destinos. O primeiro é o descarte por aterro sanitário; o segundo, o reaproveitamento dessa biomassa ou de seus subprodutos. Conheceremos agora como a biomassa obtida pode ser aproveitada.

### **Utilização da biomassa como subproduto**

Aproveitar a grande riqueza de nutrientes acumulados na massa vegetal parece ser mais interessante em vez do seu descarte em aterro sanitário. Essa riqueza nutricional presente nas macrófitas configura o descarte como um desperdício de recursos e, consequentemente, deve ser evitado sempre que possível (Pompêo, 2008).

Para atingir todo o potencial do reaproveitamento vegetal, é possível desenvolver estratégias de gestão ambiental. Alguns dos diferentes usos podem ser: bioassorção, fitorremediação, biogás, fertilizantes para a vegetação, fertilizantes para tanques de piscicultura e uso como ração animal.

De acordo com Tanaka (2009), a reutilização das macrófitas pode ser usada na produção de compostos orgânicos e ração animal. Além disso, a fitorremediação promove a absorção de diversos componentes da água, incluindo descontaminantes. Por outro lado, se existir o interesse em reaproveitar a biomassa de macrófitas, é interessante que a fitoremedicação ocorra com águas livres de compostos que bioacumulem. Isso porque, segundo Molisani *et al.* (2006), as macrófitas aquáticas poderiam retirar Hg presente em um reservatório, e a presença de metais na biomassa de macrófitas aquáticas representa riscos caso essa biomassa vegetal seja usada como ração animal ou como fertilizante, pois contaminaria o alimento.

Nesse sentido, o efeito da bioassorção ocorre quando a biomassa seca proveniente das macrófitas é utilizada como adsorventes naturais. Essa biomassa funciona como uma esponja de baixo custo e tem eficiência superior a de muitos bioassorventes importados, melhorando substancialmente a qualidade da água (Módenes, 2009; e Molisani, 2006).

Além dos usos mais convencionais já citados, atualmente a biomassa orgânica vem ganhando destaque como potencial para geração de energia renovável por meio da produção de biogás. Essa vertente alia a grande necessidade de ampliação da matriz energética brasileira com a capacidade de geração de biogás por parte das macrófitas.

O biogás é proveniente da digestão anaeróbia de matéria orgânica presente na biomassa (Rocha, 2019). A biomassa da biodigestão, muitas vezes, tem contribuição vegetal devido à preponderância de material orgânico dessa fonte (em comparação com os dejetos animais), de modo que funciona como cosubstratos vegetais (Siddique & Wahid, 2018).

Entre os materiais vegetais, as macrófitas aquáticas possuem uma grande vantagem para servir de material para a biocombustão em comparação com outros materiais de vegetais terrestres (Rocha, 2019). Isso ocorre, pois, conforme os estudos de Dutra (2018) e Koyama *et al.* (2015), a lignina é menos disponível para os microorganismos anaeróbios. Por sua vez, as plantas terrestres costumam ter uma composição com maiores teores de lignina, o que diminui a ação das bactérias em comparação com a biodigestão de macrófitas. (Koyama *et al.*, 2015).

Outro fator importante a ser observado, segundo Rocha (2019), é que a utilização de macrófitas aquáticas para a produção de biogás não gera uma competição, pelo uso do solo, entre as culturas energéticas e as culturas para produção de alimentos, tornando-se uma alternativa socialmente coerente.

Alguns estudos apontam que, entre as macrófitas de espécies diferentes, existem algumas que possuem menos composição de lignina que outras, por isso, até mesmo entre as macrófitas, existem algumas que podem ser mais adequadas para a biodigestão e formação de biogás. Por exemplo, no estudo realizado por Dutra (2018), verificou-se que a produção de metano (principal componente do biogás) foi decrescente para as espécies *Egeria densa*, *Typha Domingensis*, *Eichhornia Crassipes* e *Cyperus papyrus*, respectivamente.

Em termos de produção energética, um exemplo que pode ser exposto é o de que a remoção de 14 mil toneladas/dia de macrófitas permitiria a produção de metano em quantidade suficiente para abastecer 10 mil veículos, com autonomia de 300 km/dia cada um, o que, por si só, demonstra o potencial das macrófitas aquáticas para a produção de energia (Müller, 1995).

## Uso de herbicidas e bioherbicidas

O controle de macrófitas, por vezes, ocorre com o uso de produtos químicos (chamados de herbicidas) ou de outros organismos biológicos (chamados bioherbicidas), que, de acordo com Pompêo (2008), têm por objetivo promover a morte ou limitação do crescimento de uma população em crescimento descontrolado.

Os herbicidas convencionais (como diquat ou sulfato de cobre, por exemplo) são empregados comumente, sobretudo, pela fácil produção, comercialização e aplicação. Por outro lado, o fato de serem os mais utilizados não significa que necessariamente sejam os melhores, isso porque, muitas vezes, não possuem estudos ambientais que suportem a sua escolha quanto aos benefícios ou malefícios decorrentes de seu uso, podendo causar enormes prejuízos ao meio ambiente.

Para podermos desenvolver melhores manejos, precisamos, primeiramente, compreender quais são os atuais sistemas de controle. Por essa razão, conhceremos agora quais são os principais herbicidas utilizados.

Alguns dos herbicidas amplamente utilizados no controle de plantas aquáticas são estes: sulfato de cobre, peróxido de hidrogênio, fluridone, 2,4-D amina, diquat, glifosato e imazapyr.

sulfato de cobre é classificado tanto como bactericida quanto como fungicida. Sua classificação toxicológica é de Classe IV, pouco tóxico (BRASIL, 2023; Savoy, 2011). Esse herbicida é considerado adequado para aplicação foliar de inúmeras culturas, tais como abacate, abóbora, agrião, alface, alho, cebola, melão, morango, tomate, uva, entre outras. Por outro lado, o próprio elemento cobre, presente no sulfato de cobre, pode se tornar um problema ao ambiente, com seu acúmulo na biota e no sedimento. A toxicidade humana por exposição crônica ao cobre pode levar a diversos danos à saúde, como espessamento e esverdeamento de pele, dentes e cabelo, irritação das fossas nasais, úlceras pulmonares e

perfuração do septo nasal, hepatotoxicidade, além de redução da fertilidade e carcinoma pulmonar (Pedrozo, 2003).

Os danos do sulfato de cobre não se limitam ao ser humano, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2014); atuam de forma intensa em peixes. As trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais, entre outros, morrem em dosagens de 0,5 mg/L devido, principalmente, à coagulação do muco das brânquias e consequente asfixia.

Portanto, ao se pensar em alternativas de manejo de macrófitas em tanques de piscicultura com água reutilizada, o uso desse herbicida pode provocar danos diretos à produtividade e viabilidade do sistema. Diante desses fatores, é possível dizer que o uso de sulfato de cobre não deve ocorrer de forma contínua. Deve ser considerado somente em situações pontuais de intenso crescimento/emergência, principalmente quando constatado o insucesso na aplicação de outros meios de controle.

Outro fator a ser considerado é que, apesar de, muitas vezes, os herbicidas serem citados como atuantes contra diferentes organismos, nem sempre têm a mesma eficiência para diferentes macrófitas ou diferentes condições. Outros fatores que envolvem a ação de determinados grupos químicos de herbicidas com o metabolismo de cada espécie influenciam na ação e consequente especificidade entre a macrófita aquática de interesse e o herbicida.

Por exemplo, o fluridone é o único agrotóxico aprovado pela Agência de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2023) para aplicação em ambientes aquáticos no controle de macrófitas aquáticas das espécies *Egeria densa* e *Egeria najas* em reservatórios de hidrelétricas (Pompêo, 2017).

Essa seletividade pode ser importante na utilização de herbicidas em reservatórios de água, pois o ideal é que o composto químico aplicado atue sobre a macrófita aquática alvo, e não nos demais organismos presentes no local (Negrisolli *et al.*, 2003).

Devido ao potencial dano que o uso dos herbicidas tradicionais pode causar, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para diminuir os seus impactos. Uma delas é, inclusive, abordada na Resolução do Conama n.º 467 (BRASIL, 2009). Nela, abre-se a possibilidade de se aplicarem compostos químicos em sistemas que combinam técnicas de flotação e remoção de flutuantes para a melhoria do tratamento da água.

Outro melhoramento do uso dos herbicidas é a substituição dos herbicidas convencionais por bioherbicidas. Nesse sistema, utiliza-se um organismo para controlar outro organismo. Um exemplo envolve o uso de esporos ou outros propágulos para gerar um alto nível de desenvolvimento de doença, com consequente morte ou supressão de populações da planta daninha em questão (BORGES NETO; GORGATI; PITELLI, 2005).

Alguns exemplos dessa utilização foram o uso do fungo *Fusarium graminearum*, demonstrando a efetividade desse procedimento no controle do crescimento de *Egeria* spp. (BORGES NETO; GORGATI; PITELLI, 2005) e o uso de *Samea multiplicalis* (Lepidoptera, Pyralidae) no controle de *Salvinia molesta* (PELLI *et al.*, 2008).

Ao mesmo tempo em que muitos produtos (tanto herbicidas como bioherbicidas) são produzidos e comercializados visando sucumbir as macrófitas, entende-se que esse tipo de prática não pode ocorrer discriminadamente. Devem existir critérios para autorização de uso de qualquer agente químico, biológico e até mesmo para os processos de controle físicos.

Por outro lado, o manejo de macrófitas ainda é um ramo que necessita de estudos que embasem a formulação de regulamentações melhores. Por exemplo, a Resolução do Conama n.º 467 não esclarece quais são os limites de uso de defensivos nem explica se a flora ou a fauna a ser eventualmente controlada deve ser nativa ou não.

## **Uso de peixes herbívoros**

O uso de peixes herbívoros tem por base o método de controle biológico, ou seja, de acordo com Pompêo (2017), esse método utiliza um organismo vivo para controle de outro organismo indesejável, seja pelo consumo direto, seja pela ação indireta.

De forma simples, o controle biológico pode ocorrer com três diferentes estratégias. A primeira mantém sob controle algumas populações nas condições naturais, sem a necessidade de intervenção. Em outra estratégia (denominada “aumentativa”), há a criação massiva do agente de controle biológico em laboratório e liberação abundante em um determinado alvo. Por fim, na estratégia “inundativa”, há o uso de organismos causadores de doenças (patógenos), fungos, bactérias ou vírus (nativos da área), que levam as plantas daninhas à morte.

O uso de peixes herbívoros em tanques de piscicultura poderia estar inserido numa classificação do tipo controle biológico aumentativo, levando em consideração que os peixes são escalonados no intuito de também controlarem a população de macrófitas.

Para escolher as melhores espécies de peixes que podem funcionar nesse sistema de controle biológico, é preciso conhecer as preferências alimentares dos peixes. Nesse sentido, segundo Sponchiado e Schwarzbold (2009), a carpa comum e a carpa capim são os organismos mais utilizados para o controle biológico de plantas aquáticas. Por exemplo, a carpa capim foi eficiente no controle da *Luziola peruviana* em açude raso, com consumo de 42,5 kg de matéria seca por peixe.

Outras espécies promissoras são o pacu como agente de controle biológico de diversas macrófitas aquáticas no Brasil (Miyazaki & Pitelli, 2003) e alevinos de matrinchã no controle de *Eichhornia crassipes* (Saint-Paul *et al.*, 1981).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por fim, ao se pensar em uma estratégia de manejo, é preciso considerar também a continuação do monitoramento depois das medidas de controle (realização de um *feedback*) até a um ponto em que ocorra efetivamente um manejo contínuo. Nesse sentido, o método de controle menos impactante é o biológico, embora apresente como desvantagem a necessidade de um controle rigoroso. Esse tipo de análise mostra o potencial que o controle por meio de peixes herbívoros possui para a continuação do manejo em tanques de piscicultura. Por outro lado, o método de controle mais danoso é o químico, cujos impactos negativos na fauna e na flora superaram todos os outros métodos, além de ser prejudicial à qualidade da água em longo prazo.

Para a realização de uma tomada de decisão sólida e bem balizada, é fundamental verificar a adequação de cada estratégia à situação na qual está sendo implementada. Isso deve ser feito com base em programas de monitoramento e manejo ambientais que sistematizaram informações literárias e estudos prévios relacionados ao tema. Dessa forma, os conhecimentos aqui discutidos se tornam de extrema contribuição para as ações a serem desenvolvidas na piscicultura e manejo de macrófitas.

Entre essas considerações, vimos as vantagens e desvantagens de se aplicarem diferentes métodos e procedimentos de controle, assim como a análise ecológica e biológica da macrófita a ser combatida, para se ter profundidade de suas estruturas e funções, visando minimizar o seu prejuízo decorrente do crescimento exacerbado. Sobre as técnicas de manejo, é possível propor que, em manejos de longo prazo, se possibilite a utilização de peixes herbívoros como herbicidas. Além disso, outra estratégia que não compromete a qualidade da água é a retirada manual/mecânica, que se torna interessante quando a biomassa retirada pode

ser reaproveitada e se torna um subproduto com valor monetário significativo. Por fim, vimos que a pior alternativa envolve o uso de herbicidas químicos, pois tanto comprometem a qualidade da água em longo prazo como inviabilizam a utilização das macrófitas.

#### Agradecimentos:

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR) e CNPq.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios brasileiros. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS DE GESTÃO AMBIENTAL, 2009, São Paulo. **Anais**. São Paulo: SABESP, 2009. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade\\_meioamb/Confer%C3%AAncias%20de%20Gest%C3%A3o%20Ambiental/Monitoramento%20e%20manejo%20de%20macr%C3%B3fitas%20aqu%C3%A1ticas%20e%20represas%20brasileiras%20-%20Almir%20Andrade%20-%20Sabesp.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_meioamb/Confer%C3%AAncias%20de%20Gest%C3%A3o%20Ambiental/Monitoramento%20e%20manejo%20de%20macr%C3%B3fitas%20aqu%C3%A1ticas%20e%20represas%20brasileiras%20-%20Almir%20Andrade%20-%20Sabesp.pdf)>. Acesso em: 28 junho de 2024.
- BIANCHINI, I.; CUNHA-SANTINO, M. B.; MILAN, J. A. M.; RODRIGUES, C. J.; DIAS, J. H. P. Growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle under controlled conditions. **Hydrobiologia**, v. 644, p. 301–312, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-010-0191-1>>. Acesso em: 28 junho de 2024.
- BORGES NETO, C. R., GORGATI, C.Q. & PITELLI, R. A. Influência do fotoperíodo e da temperatura na intensidade de doença causada por *Fusarium graminearum* em *Egeria densa* e E. najas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 449-456, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/fb/a/sBFmStpH4ZyrGzpBCtWdhkq/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 28 junho de 2024.
- BORNETTE, G.; PUIJALON, S. Macrophytes: ecology of aquatic plants. In: **Encyclopedia of Life Sciences (ELS)**. Chichester: John Wiley & Sons, p. 1-9. 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470015902.a0020475>>. Acesso em: 28 junho de 2024.
- BRASIL, ANVISA, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/f/4362json-file-1>>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Proposta de resolução: versão com emendas. **Dispõe sobre a pesquisa, o registro, a comercialização e utilização de agrotóxicos em ambientes aquáticos**. Brasília: CONAMA, 2009. (Procedência: 4ª Reunião do Grupo Trabalho que tratará sobre pesquisa, registro,

comercialização e utilização de agrotóxicos e afins em ambientes hídricos). Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E392D222/PropResolAgrotoxicosVSuja4Reuniao\\_20mar09.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E392D222/PropResolAgrotoxicosVSuja4Reuniao_20mar09.pdf)>. Acesso em: 28 junho de 2024.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2014). Disponível em: <[https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=SULFATO%20DE%20COBRE](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=SULFATO%20DE%20COBRE)>. Acesso em: 28 junho de 2024.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; COSTA, L. D. N. C. pH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripala* e *Panicum repens*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 295-304, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/xF9jSJRgNdQrbRQmPRXxrCh/?lang=pt>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. p. 461-521. ISBN: 8571932719.

FERRAZ, K. **Manejo de Fauna Silvestre**, 2019. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4616272/mod\\_resource/content/0/lcf\\_0590\\_-aula\\_1\\_-\\_apresentacao\\_da\\_disciplina.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4616272/mod_resource/content/0/lcf_0590_-aula_1_-_apresentacao_da_disciplina.pdf)>. Acesso em: 28 junho de 2024.

GUNKEL, R. C.; BARKO, J. W. An overview of the aquatic plant control research program. **Journal of Aquatic Plant Management**, v. 36, p. 23-24, 1998. Disponível em: <<https://apms.org/wp-content/uploads/japm-36-01-023.pdf>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

HU, J., QIAO, Y., ZHOU, L., LI, S. Spatiotemporal distributions of nutrients in the downstream from Gezhouba Dam in Yangtze River, China. **Environmental Science and Pollution Research**. v.19, n.7, p.2849- 2859, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-012-0791-6>>. Acesso em: 28 junho de 2023.

HUSSAR, G.J., BASTOS, M.C. Tratamento de esgoto de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. **Engenharia Ambiental**. v.5, n.3, p. 274-285, 2008. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/4599>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

IRGANG, B. E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J. I. Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim. **Roessleria**, v. 6, n. 1, p. 395-404, 1984.

LIGHT ENERGIA. Manejo de macrófitas nos reservatórios da Light Energia. Brasília, **Light Energia**, 2014. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/9A16ED0C/Apres\\_ManejoMacrofitas\\_LightEnergia.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/9A16ED0C/Apres_ManejoMacrofitas_LightEnergia.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MOLISANI, M. M.; ROCHA, R.; MACHADO, W.; BARRETO, R. C.; LACERDA, L. D. Mercury contents in aquatic macrophytes from two reservoirs in the Paraíba do Sul: Guandu River System, SE Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1A, p. 101-107, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/211781>>. Acesso em: 28 junho 2023.

MÓDENES, A. N.; PIETROBELL, J. M. T. A.; QUIÑONES, F. R. E.; SUZAKI, P. Y. R.; ALFLEN, V. L.; KLEN, M. S. F. R. Potencial de biossorção do zinco pela macrófita *Egeria densa*. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 465-470, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/63X7Cj43Fz9XPK3pQrcTCKr/?lang=pt>. Acesso em: 28 junho 2024.

MÜLLER, C. C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; CYBIS, L. F. Diagnóstico da qualidade analítica na quantificação de cianobactérias. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 283-290, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/CPSbrzxZVHyNdzq55NgZBpP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 junho 2024.

NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; CAVENAGHI, A. L. Uso de diferentes herbicidas no controle de *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 89-92, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/CGXz3SyBDZg7xjHYvJH9Pgm/>. Acesso em: 28 junho 2024.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 927 p., 2001. ISBN 972310158X.

PELLI, A.; BARBOSA, F. A. R.; TAYLOR, E. *Samea multiplicalis* (Guenée, 1854) (*Lepidoptera, Pyralidae*): a potential agent in the biological control of *Salvinia molesta* DS Mitchell (*Salvineaceae*). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 20, n. 2, p. 119-123, 2008. Disponível em: <https://www.actalb.org/journal/alb/article/627da195782aad07b35c1a15>. Acesso em: 28 junho 2024.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. Instituto de Biociências – IB/USP Universidade de São Paulo, primeira edição, 138 p. 2017. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/portal/macrofitas/all\\_book.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/portal/macrofitas/all_book.pdf). Acesso em: 28 junho de 2024.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas, **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/viewFile/5734/4320>. Acesso em: 28 junho de 2024.

POMPÊO, M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V. Chemical composition of tropical macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 411, p. 1-11, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003895532309>. Acesso em: 28 junho de 2023.

POMPÊO, M. L. M. (Ed.). **Perspectivas da Limnologia no Brasil**. São Luís: Gráfica e Editora União, p. 21-43, 1999. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=16&Itemid=426](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=16&Itemid=426). Acesso em: 28 junho de 2024.

PIEDEADE, M. T. F.; JUNK, W. J.; LONG, S. P. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. **Ecology**, v. 72, p. 1456-1463, 1991. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1941118>. Acesso em: 28 junho de 2024.

RICKLFES, R. E. **A economia da natureza**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 470 p. ISBN: 9788527728768.

SAVOY, V. L. T. Classificação dos agrotóxicos. **Biológico**, v. 73, n. 1, p. 91-92, 2011. In: **Biológico** v. 73, n. 1, p. 91-92, 2011. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v73\\_1/savoy\\_palestra.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v73_1/savoy_palestra.pdf)>. Acesso em: 28 junho de 2024.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Water quality and communities associated with macrophytes in a shallow water-supply reservoir on an aquaculture farm. **Ecology Braz. J. Biol.** v.74 n.2, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/QNmW4JRSydwM7YqckMBVrP/?lang=en>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floatin plant. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 1-11, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/HLHvgF367tPBWnQkkVw4MYC/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. S. The feeding activity of *Colossoma macropomum* larvae (tambaqui) in fishponds with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fertilizer. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 3, p. 459-466, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/8shb3H7wmkD6Dv6v3cpcT9j/?lang=en>>. Acesso em: 28 junho de 2024.

TANAKA, R. H. Controle de plantas aquáticas no reservatório de Americana. In: REUNIÃO DO GT AGROTÓXICOS, 4., 2009, Campinas. **Anais**. Campinas: Conama, 2009. Disponível em:<[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E392D222/ApresenCPFL\\_PlantasAquaticas.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E392D222/ApresenCPFL_PlantasAquaticas.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2024.

TARDIVO, R; BACH, A.; MORO, R. S. Capítulo 10. **Macrófitas aquáticas da represa de Alagoas**. 2007. Disponível em: <<http://ri.uepg.br/riuepg/handle/123456789/454>>. Acesso em: 25 de junho de 2024.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-33, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pd/a/vFYHJx7vd7JS4G4xVpnTfTR/?lang=pt#:~:text=Os%20fatores%20que%20afetam%20a,menor%20nestes%20ambientes%3B%20e%20%C3%A0o>>. Acesso em: 25 de junho de 2024.

TRAVAINI-LIMA, F.; SIPAUBA-TAVARES, L. H. Efficiency of a constructed wetland for wastewaters treatment. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 24, n. 3, p. 255-265, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/alb/a/hwdscFsqpYHvjnbFxwf9RF/?lang=en>>. Acesso em: 25 de junho de 2024.