

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE ENERGIA**

**Avaliação dos Impactos Ambientais devido ao uso de Mecanismos de Controle de**  
**Macrófitas em Reservatórios**

Karina Abranches de Faria Berti

Itajubá, Novembro de 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE ENERGIA**

**Karina Abranches de Faria Berti**

**Avaliação dos Impactos Ambientais devido ao uso de Mecanismos de Controle de**  
**Macrófitas em Reservatórios**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Energia.

**Área de Concentração:** Energia, Sociedade e Meio Ambiente.

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho – Orientador  
Profª. Dra. Luciana Botezelli – Coorientadora

Novembro de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB\_6/1700

B543a

Berti, Karina Abranches de Faria

Avaliação dos Impactos Ambientais devido ao uso de Mecanismos de Controle de Macrófitas em Reservatórios / Karina Abranches de Faria Berti. -- Itajubá, (MG) : [s.n.], 2013.

77 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho.

Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Botezelli.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Macrófitas aquáticas. 2. Mecanismos de controle. 3. Indicadores de desempenho. 4. Matrizes de interação. I. Tiago Filho, Geraldo Lúcio, orient. II. Botezelli, Luciana, coorient. III. Universidade Federal de Itajubá. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA DE ENERGIA**

**Karina Abranches de Faria Berti**

**Avaliação dos Impactos Ambientais devido ao uso de Mecanismos de Controle de**  
**Macrófitas em Reservatórios**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 08 de novembro de 2013, conferindo ao autor o título de **Mestre em Engenharia de Energia**.

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho – Orientador

Profa. Dra. Luciana Botezelli – Coorientadora

Prof. Dr. José Aldo Alves Pereira

Profa. Dra. Fabrina Bolzan Martins

**Itajubá 2013**

Revelemo-nos mais por atos do que por palavras, dignos de possuir este grande país.”  
Theodomiro Carneiro Santiago

# AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar a Deus, por estar sempre mostrando seu amor por mim, me dando forças para lutar e para vencer cada dia da minha vida.

Agradeço também aos meus pais: Cidnéia Abranches de Faria Berti e Weber Berti que me apoiam em tudo que faço. Por toda amizade, gratidão, amor dispensados em toda minha vida e pela confiança de sempre.

Agradeço ao Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho pela compreensão, paciência e atenção. A Profa. Dra. Luciana Botezelli pela disposição e auxílio dispensados na execução do trabalho.

Agradeço ao meu noivo Ricardo Moura pelas inúmeras vezes que, com paciência escutou minhas lamentações e cansaços.

Agradeço a minha amiga-irmã, Márcia Ferreira Buzo, por todas as vezes que me incentivou a finalizar essa dissertação.

E por fim, todos que por ventura eu possa ter deixado de mencionar em meio a tudo isso, meu muito obrigada!

# **DEDICATÓRIA**

Dedico a minha família, em especial, aos meus pais, Cidnéia e Weber, que me ensinaram a lutar pelos meus ideais. Que sempre estiveram ao meu lado, mesmo que somente em pensamentos. Que sempre se orgulharam dos meus objetivos alcançados.

Amo vocês!

## RESUMO

Apesar da grande importância das macrófitas aquáticas para o desenvolvimento dos ecossistemas, sua acentuada proliferação pode apresentar riscos para a utilização dos recursos hídricos e vêm despertando o interesse da comunidade científica, tornando alvo de controle. O presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos ambientais gerais ocasionados pela retirada de macrófitas através de mecanismos de controle convencionais e quantificar a eficiência destes mecanismos na análise dos aspectos água, flora aquática e fauna aquática. Como metodologia, foram construídas matrizes de interação e, através da interpolação dos dados, analisou-se o grau de impacto devido ao uso de cada método de controle, a partir da comparação dos valores do Índice de Caso de Referência (ICR) obtidos para cada aspecto. Na análise, concluiu-se que o método de controle menos impactante é o *biológico*, porém apresenta como desvantagem a necessidade de um controle rigoroso da introdução de uma nova espécie no meio. Verificou-se como sendo o método de controle mais impactante o *químico*, cujos impactos negativos na fauna e na flora, superam os impactos dos demais métodos analisados. Além de ser prejudicial para o aspecto água a longo prazo. Os demais métodos se equivalem nos impactos ambientais na água, flora e fauna aquáticas.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, proliferação, mecanismos de controle, indicadores de desempenho, matrizes de interação, impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

Despite the great importance of aquatic macrophytes for ecosystems development, its marked proliferation can present risks for water resources utilization and it has aroused the scientific community, becoming control target. This work aims to analyze the general environmental impacts caused by macrophytes removal through mechanism of conventional control and measuring the efficiency of those mechanisms in the water, aquatic flora and fauna analysis. As methodology, interaction matrices were built and, through data interpolation, the impact degree was analyzed due to each control method usage, from value comparison of Reference Case Index (RCI) got for each aspect. In the analysis, it's conclude that the control method less impactful is the biological; however it presents as disadvantage the need of a strict control of the new species introduction in the environment. It was found to be the most impactful control method the chemical, whose negative impacts in the fauna and flora, overcomes the other methods analyzed. Besides being harmful to the water aspect long-term. Other methods are equal in the environmental impacts on water, aquatic flora and fauna.

Key-words: Macrophytes aquatics, proliferation, control mechanism, performance indicators, interaction matrices, environmental impact.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Formas biológicas de macrófitas .....	16
Figura 2 - <i>Egeria densa</i> . .....	17
Figura 3 - <i>Pistia stratiotes</i> . .....	18
Figura 4 - <i>Salvinia auriculata</i> .....	18
Figura 5 - <i>Eichhornia crassipes</i> (aguapé). .....	19
Figura 6 – <i>Salvinia auriculata</i> . .....	19
Figura 7 – Procedimentos utilizados para a remoção de macrófitas: a) Lâmina cortante em “V”; b) rastelo; c) cortador mecânico manual; d) ceifadeira mecânica; e) herbivoria.....	26
Figura 8 – Localização do pórtico limpa-grades na Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias. ....	31
Figura 9 - Material retirado pelo pórtico limpa-grades na Usina Eng. Souza Dias, composto principalmente por macrófitas submersas. ....	31
Figura 10 – Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Água.....	60
Figura 11 - Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Flora Aquática.....	63
Figura 12 - Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Fauna Aquática. ....	66
Figura 13 - Interpolação de Matrizes Analisadas (Água, Fauna e Flora).....	67

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Métodos de controle de macrófitas aquáticas .....	25
Quadro 2 - Escala de pesos de referências relacionados às possibilidades de cenário.....	39
Quadro 3 - Seleção de Aspectos de acordo com a relevância .....	40
Quadro 4 - Valores Referenciais para análise do aspecto Água.....	41
Quadro 5 - Valores Referenciais para análise do Aspecto Flora aquática.....	42
Quadro 6 - Valores Referenciais para análise do Aspecto Fauna aquática. ....	43
Quadro 7 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao aspecto Água. ....	59
Quadro 8 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao Aspecto Flora Aquática.....	62
Quadro 9 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao Aspecto Fauna Aquática.....	65

# Sumário

Introdução .....	12
2. Objetivos .....	14
2.1. Objetivo Geral .....	14
2.2. Objetivos Específicos .....	14
3. Referencial Teórico.....	15
3.1. Histórico, classificação e espécies nativas .....	15
3.3. Papéis biológicos no ecossistema.....	20
3.4. Fatores limitantes do crescimento das macrófitas .....	21
3.5. A Importância do Monitoramento.....	23
3.6. Mecanismos de controle .....	24
3.7. Mecanismos de controle utilizados no Brasil.....	30
3.8. Descarte e destino das macrófitas removidas.....	35
3.9. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Indicadores de Desempenho.....	36
4. Metodologia .....	38
4.1. Determinação dos Indicadores de Desempenho.....	38
4.2. Quantificação das Matrizes .....	40
4.2.1. Aspecto Água .....	44
4.2.2. Aspecto Flora Aquática .....	52
4.2.3. Aspecto Fauna Aquática.....	55
5. Resultados e Discussão .....	58
6. Conclusões e Recomendações .....	70
7. Referências.....	72

## Introdução

A utilização dos recursos naturais provoca intensas alterações sociais, ambientais e econômicas na sociedade. Assim sendo, a implantação de aproveitamentos hidrelétricos tendo como base a água, também causa muitos impactos. Além disso, Carvalho *et al.* (2005) relatam que em reservatórios de hidrelétricas, a presença de macrófitas tem sido preocupante nos últimos anos e que algumas usinas já tem sua eficiência comprometida pela infestação de grande porte destas plantas aquáticas. Portanto, existe um grande risco de que espécies desta vegetação causem problemas nas demais usinas.

Através do processo de evolução das espécies, muitos organismos que sofreram transformações e adaptações para viverem em ambientes terrestres retornam ao seu antigo modo de vida aquático. Neste sentido, as macrófitas são originalmente vegetais terrestres que sofreram modificações e se transformaram em vegetais aquáticos (Bianchini *et al.* 2010).

A colonização de macrófitas aquáticas em reservatórios recém-construídos é considerada um acontecimento normal. A disponibilidade de nutrientes durante o enchimento do reservatório e nos primeiros meses de operação são os principais fatores dessa colonização, além de outros como: a morfologia do espelho d'água e a densidade da vegetação parcialmente inundada que também contribuem para a colonização ou restrição de sua ocupação (LITTLE, 1966).

O acesso de macrófitas em um reservatório impede o uso múltiplo da água, principalmente a produção de energia elétrica. O acúmulo de plantas nas grades das turbinas provoca desde o entupimento até deformação ou rompimento dessas grades, o que torna inevitável a interrupção da produção de energia elétrica para a substituição da grade danificada. Para a substituição de uma única grade, cada unidade geradora com cerca de 110 MW fica indisponível por cerca de 40 horas (THOMAZ; BINI, 2003). Além do mais, o apodrecimento da vegetação submersa na área do reservatório produz sulfeto de hidrogênio que corrói as turbinas, sendo necessária sua substituição (BARBOSA, 2004).

No Brasil, após a década de 60 um grande número de reservatórios tem sido construído e, como a maioria deles é relativamente rasa e devido ao clima tropical e subtropical, grande parte abriga macrófitas aquáticas flutuantes e submersas em diferentes graus. De acordo com Camargo *et al.* (2003), as atividades antrópicas propiciam, em condições ótimas de luz e nutrientes, um crescimento de determinadas espécies em cerca de 5% ao dia, tornando-as daninhas e prejudicando os usos múltiplos dos cursos d'água.

Segundo Galhardo (2007), o Brasil possui o maior potencial hidrelétrico do mundo, contemplando as maiores bacias e cursos d'água. De acordo com o Balanço Energético Nacional

(BEN – 2013) realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), mesmo com o declínio da participação de renováveis na matriz energética brasileira no ano de 2012, o Brasil se manteve em um patamar acima da média quando comparado aos demais países. Apesar do aumento na potência instalada, a matriz elétrica brasileira representada por hidráulicas chegou a um percentual de 76,9%, incluindo as importações, devido principalmente às condições hidrológicas anuais e aumento da geração térmica em 2012, sendo que em 2011 esse percentual era de 81,8%.

Desta forma, considerando os inúmeros problemas ambientais e empreendedores ocasionados pelas macrófitas em reservatórios, este trabalho se justifica, uma vez que visa analisar os impactos ocasionados pelos mecanismos de controle de macrófitas e quantificar sua eficiência. Além disso, pode-se destacar a importância deste trabalho no sentido de enfatizar a maior viabilidade tanto ambiental quanto financeira da prática do monitoramento e utilização de métodos preventivos em vez da utilização de mecanismos de controle corretivos.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar os impactos ambientais ocasionados pela retirada de macrófitas aquáticas através de métodos de controle convencionais (químico, biológico, físico e mecânico) em reservatórios e quantificar a eficiência destes mecanismos no controle destes vegetais.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar alguns impactos causados pela retirada das macrófitas;
- Atribuir indicadores aos impactos causados pela retirada destes vegetais, discutindo os danos causados por cada um deles nos diferentes aspectos selecionados;
- Elaborar matrizes de impactos ambientais que, a partir de pesos, indiquem o índice ambiental dos mecanismos de controle estudados;
- Avaliar a eficiência dos mecanismos de controle através da interpolação de dados obtidos nas matrizes de interação.

### 3. Referencial Teórico

#### 3.1. Histórico, classificação e espécies nativas

De acordo com Pompêo (1999), o conjunto de vegetais terrestres que se adapta ao ambiente aquático e nele vive recebe várias terminologias, porém, o termo macrófitas aquáticas pode ser considerado o mais habitual e de uso frequente.

Segundo Thomaz (1998), as macrófitas aquáticas possuem importante papel ecológico, podendo se constituir como principal produtor de matéria orgânica e se apresentando como local de desova, proteção e alimentação para vários invertebrados e vertebrados. Por outro lado, causam danos ambientais devido ao seu crescimento exagerado.

Por possuírem grande capacidade de adaptação e exploração de ambientes, as macrófitas podem habitar vários tipos de ambientes, utilizando para cada um deles, estratégias de sobrevivência (BIANCHINI Jr. *et al.*, 2010). De acordo com seu grau de adaptação, estes vegetais podem ser encontrados às margens e áreas rasas de rios, lagos, reservatórios e cachoeiras, entre outros corpos de água, ou até mesmo a mais de 10 m de profundidade. São seres autótrofos fotossintetizantes que habitam desde brejos até terrenos totalmente alagados (TARDIVO, 2012).

Apesar de muitas contribuições científicas, na prática, há poucos especialistas que executam um trabalho constante no estudo dessa comunidade aquática no Brasil sendo poucos os trabalhos considerados e publicados neste sentido (POMPÊO, 2003; ESTEVES, 1998). Porém, estudos básicos sobre a taxonomia desses vegetais permitem conhecer os organismos e sua distribuição geográfica no território estudado, com isso, é possível discutir aspectos de biodiversidade, ainda pouco abordados no Brasil (RIETZLER *et al.*, 1998). Somente em 1948, foi realizado o primeiro estudo no Brasil sobre as macrófitas aquáticas de diversos corpos de água doce no Estado de São Paulo, constituindo-se uma lista com breve descrição das espécies e aspectos biológicos e ecológicos.

Estima-se que cerca de 6% do território nacional seja coberto por áreas alagáveis, o que, somado às características favoráveis das regiões tropicais, indica o aparecimento de várias espécies de macrófitas tanto em ambientes aquáticos naturais como artificiais, sendo as espécies *Eichhornia crassipes*, *Egeria* spp, *Eleocharis* sp, *Ludwigia* spp, *Oxycaryum cubense*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia* spp e *Typha dominguensis*, classificadas como as macrófitas com maior grau de crescimento (BIANCHINI Jr. *et al.*, 2010).

No Brasil, segundo a Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR – Probio (Programa de Biodiversidade) e Pompêo (2003) a classificação comumente aceita refere-se a:

- **Macrófitas aquáticas emersas:** vegetais enraizados, porém o crescimento das folhas se dá para fora da água. Ex.: Junco e Taboa.
- **Macrófitas aquáticas flutuantes:** vegetais que flutuam livremente sobre a superfície da água. Ex.: Alface d'água, Aguapé, Orelha-de-rato.
- **Macrófitas aquáticas submersas enraizadas:** vegetais enraizados e crescendo totalmente debaixo d'água. Ex.: Elódea e Cabomba.
- **Macrófitas aquáticas submersas livres:** permanecem flutuando debaixo d'água. Podem se prender a caules de outras macrófitas. Ex.: Utriculária.
- **Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes:** vegetais enraizados com folhas flutuando na superfície. Ex.: Lírio d'água e Vitória-régia.

Ainda sobre os grupos ecológicos de macrófitas, Irgan *et al.* (1984) incluem nessa classificação:

- **Macrófitas aquáticas anfíbias:** vegetais que vivem dentro da água em períodos de cheia, mas sobrevivem perfeitamente no solo em períodos de seca. Ex.: *Xanthosoma* e *Sesbania*.
- **Macrófitas aquáticas epífitas:** vegetais que crescem sobre as outras sem parasitá-las. Ex.: *Mikania cordifolia* e *Eleocharis mutata*.

A figura 1 a seguir ilustra as formas biológicas do grupo de macrófitas segundo seu biótipo, de acordo com Pedralli (1990) segundo Thomaz e Bini (2003).

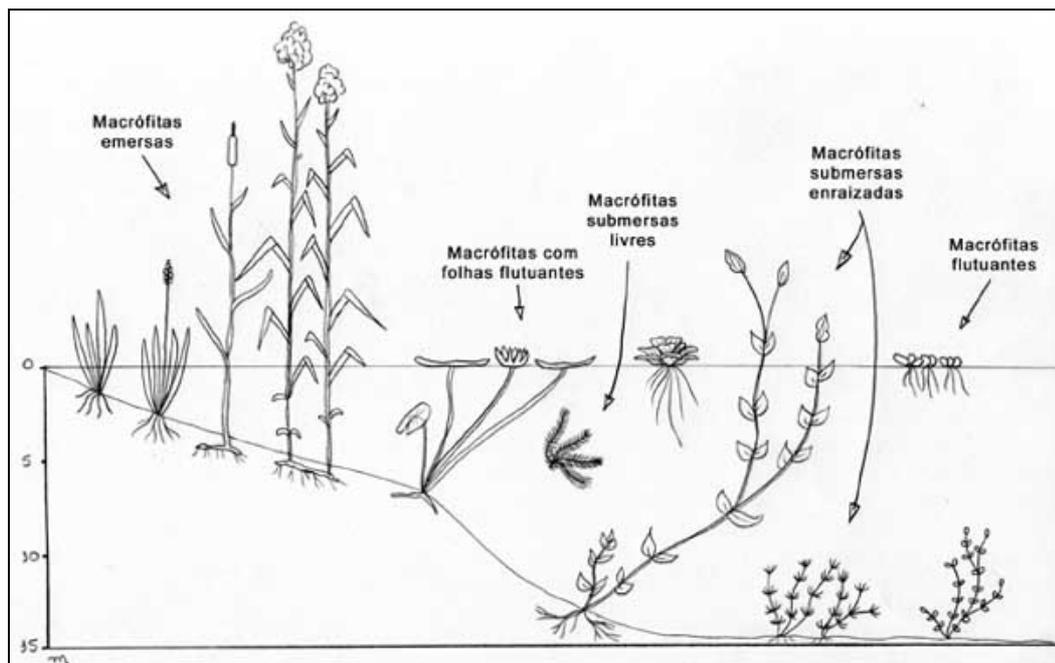


Figura 1 - Formas biológicas de macrófitas

Fonte: Thomaz; Bini (2003).

Vale ressaltar que a maioria dos problemas em reservatórios atualmente registrados no Brasil é ocasionada por espécies nativas, como a *Egeria densa*, *Egeria najas*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* (THOMAZ, 2002).

*Egeria densa*, mais conhecida como “elódea brasileira”, se apresenta como espécie nativa da América do Sul, principalmente no sudeste de Minas Gerais e Espírito Santo, segundo Oliveira (2005), porém, devido sua comercialização como planta de aquário, sua distribuição se estendeu por vários continentes, sendo encontrada em diversas regiões do Japão e Estados Unidos (Bowmer *et al.*, 1995; Roberts *et al.*, 1999; Martins *et al.*, 2003 apud RODELLA *et al.*, 2006). É uma macrófita de fundamental importância para a ciclagem de nutrientes, já que suas raízes conseguem absorver os nutrientes das partes mais profundas do solo, disponibilizando-os aos demais seres vivos (COOK; URMI-KONING, 1984). Porém, mesmo em condições de crescimento desfavorável, uma pequena infestação de *E. densa* tem capacidade para se desenvolver ocupando completamente um lago, em poucos anos, sendo portanto, sua erradicação difícil (Wells, Clayton, 1991 apud OLIVEIRA *et al.*, 2005).

De acordo com estudos de Redolla *et al.* (2006) e Pompêo (2009), os reservatórios das hidrelétricas do complexo da CESP (Companhia Energética de São Paulo) e sistema Moxotó-Paulo Afonso (BA), são exemplos de habitat de grandes populações de macrófitas aquáticas, inclusive *E. densa*, que ocupa grandes extensões dos reservatórios. As figuras 2, 3 e 4 a seguir ilustram a *Egeria densa*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata*.



Figura 2 - *Egeria densa*.

Fonte: Em: <http://www.mainevolunteerlakemonitors.org/mciap/herbarium/BrazilianWaterweed.php>.

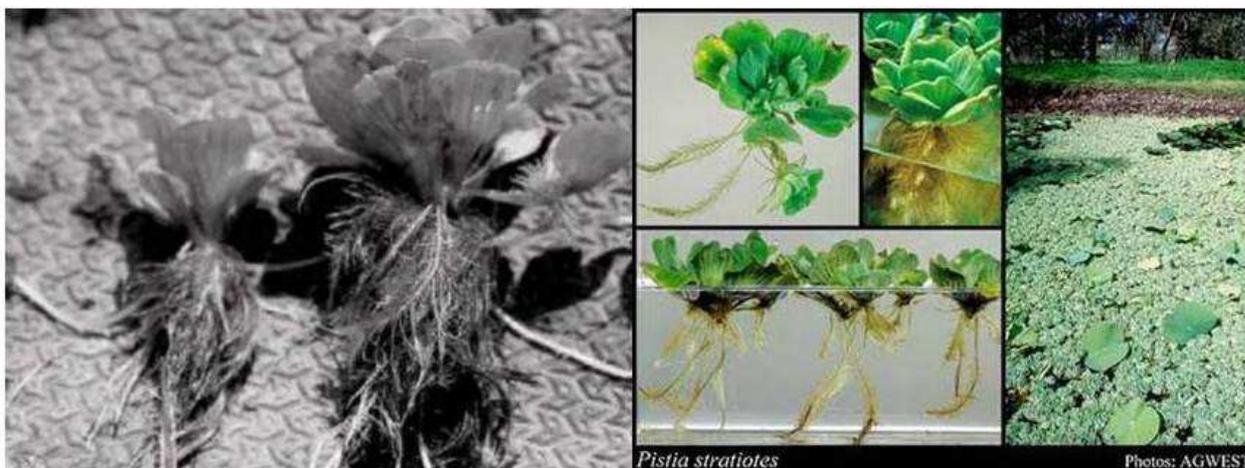


Figura 3 - *Pistia stratiotes*.  
Fontes: Adaptado de Thomaz; Bini (2003).



Figura 4 - *Salvinia auriculata*  
Fonte: Thomaz; Bini (2003).

Assim, como a *Egeria densa*, a espécie *Eichhornia crassipes*, popularmente conhecida como aguapé, é um vegetal abundante no país e uma das espécies mais produtivas no mundo. Originada na América do Sul, mas introduzida rapidamente em todos outros continentes devido sua beleza, especialmente das flores, tornou-se uma das piores plantas invasoras de ambientes aquáticos (HOLM *et al.*, 1969). Sua infestação além de trazer prejuízos aos usos múltiplos da água favorece a proliferação de insetos, moluscos e larvas causadores de doenças, uma vez que seu crescimento abundante ocorre somente em águas poluídas, especialmente esgoto urbano (National Academy of Sciences, 1976, apud SALATI, 2006). A figura 5 a seguir ilustra uma população de aguapés da espécie *Eichhornia crassipes*.



Figura 5 - *Eichhornia crassipes* (aguapé).  
Fontes: Adaptado de Neto (2006); Greco (2002).

Em ambientes lênticos ou com pouca movimentação da água, a *Salvinia auriculata*, mais conhecida como carrapatinho, é uma espécie abundante que cobre toda a superfície do manancial, bloqueando a passagem luminosa e interferindo também no modo de vida de outros seres que também possuem como habitat esses locais (MOURA, 2008). A figura 6 ilustra essa espécie.



Figura 6 – *Salvinia auriculata*.  
Fonte: Neto (2006).

### 3.3. Papéis biológicos no ecossistema

Pompêo (2009) e Oertli; Lachavae (1995) citam que entre as tantas características das macrófitas elas se destacam pela grande capacidade de acumular e acelerar a ciclagem de nutrientes, portanto são excelentes estocadoras de nutrientes, servindo como fonte alimentar de outros seres vivos, principalmente para invertebrados detritívoros em fase de senescência, em que sua população cresce significativamente. Nas estruturas com maior metabolismo, folhas e flores, por exemplo, são verificados elevados níveis de nutrientes.

Além disso, Thomaz (2002) ressalta importantes funções desempenhadas pelas macrófitas com a finalidade de manter o equilíbrio do ambiente, como:

- Funcionar como microhabitats para muitos organismos, como peixes recém-nascidos, algas e bactérias fixadoras do nitrogênio;
- Proporcionar sombra a muitos seres;
- Ser bioindicadores ambientais, onde fatores como a intensidade luminosa, carbono inorgânico dissolvido e temperatura podem influenciar nas taxas fotossintéticas do vegetal;
- Obtenção de biogás;
- Reduzir a turbulência da água, favorecendo o desenvolvimento de espécies animais de regiões litorâneas, principalmente;
- Atuar na proteção e estabilização das margens dos rios, reduzindo os efeitos de erosão (TANAKA, 2000).

Porém, quando o ecossistema está em desequilíbrio, a alta produtividade dessas plantas em reservatórios pode causar danos. Algumas espécies aquáticas, segundo Pompêo (2003) e Thomaz (2002) podem ser consideradas daninhas, quando ao encontrar condições favoráveis, se desenvolvem em excesso causando problemas ambientais, na utilização antrópica dos ecossistemas aquáticos e na qualidade da água, como:

- Acúmulo de lixo e sedimentos agrícolas;
- Diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água;
- Interferência na diversidade de peixes devido à eutrofização;
- Prejuízos ao abastecimento de água, à navegação, esportes náuticos, turismo, ao bom funcionamento de usinas hidrelétricas, entre outros.

### 3.4. Fatores limitantes do crescimento das macrófitas

Os fatores limitantes impedem o crescimento das macrófitas, o que possibilita o controle preventivo e evita, muitas vezes, a utilização de técnicas mais impactantes para o meio ambiente. É importante conhecer os fatores limitantes para que possa se fazer um manejo adequado, criando condições que inibam o seu crescimento. Camargo (2003) ressalta que qualquer macrófita pode ser considerada daninha em potencial, uma vez que, em condições favoráveis, ela tende a proliferar ocupando áreas extensas dos mananciais.

Um fator limitante, de acordo com Thomaz; Bini (2003) é a movimentação das águas. Em ambientes lóticos com grande movimentação, espécies flutuantes e enraizadas possuem instabilidade para se desenvolverem, já que no caso das flutuantes elas são deslocadas para outros ambientes e no caso das enraizadas, a instabilidade do sedimento, seja pela erosão ou pela intensa sedimentação, prejudica sua fixação.

Porém, Camargo (2003) ressalta que a movimentação moderada da água estimula o desenvolvimento desses vegetais já que, por sua vez, o aumento desfavorece o desenvolvimento de outras espécies flutuantes (fitoplâncton), estimulando o crescimento de espécies submersas e de espécies flutuantes, devido ao acúmulo de nutrientes pelo constante transporte de íons e de material particulado aderido às raízes.

Pompêo (1999) comenta que, na maioria dos reservatórios, é possível interferir no desenvolvimento das macrófitas aquáticas, através da manutenção do nível de água controlado pela vazão do reservatório. Desta forma, haverá modificação na área colonizável nas margens para as plantas emersas e na intensidade de radiação na fotossíntese para as macrófitas submersas. A maioria dos reservatórios está sujeita à variação do nível de água devido à sazonalidade e demanda de geração de energia e conseqüentemente ser alvo de abrigo das macrófitas (PITELLI, 2006).

De acordo com Nieff (1975) apud Barbosa e Gentil (2009) provavelmente a duração das cheias também pode influenciar na composição e taxas de crescimento das macrófitas aquáticas. Em ambientes aquáticos tropicais, o aumento brusco do nível da água pode ser fator determinante para o desenvolvimento das macrófitas flutuantes que poderão morrer já que ficarão expostas ao solo seco ou em galhos de árvores após a diminuição do nível da água. Em contrapartida, Camargo (2003) já constatou que outras espécies podem sofrer proliferação devido à elevação do nível das águas.

Deve-se salientar que se uma espécie é favorecida no início de sua dispersão ou colonização, a sua densidade pode aumentar e fazer dela uma planta dominante do local e que,

cada tipo de macrófita se favorece com o aspecto atual do local. Ocasional abaixamento no nível de água de um reservatório poderá influenciar no crescimento de macrófitas que necessitam de condições úmidas. Já sua elevação pode influenciar o aparecimento por ciperáceas e gramíneas. Por fim, outras espécies se adaptam facilmente às alterações do nível de água por serem anfíbias (Environment, 2002 apud SPONCHIADO, 2008).

Se o crescimento de uma espécie é inibido de acordo com fatores limitantes que tendem a permanecer no ecossistema em estudo, seu controle é dispensável, sendo altamente vantajoso em termos ecológicos e econômicos (THOMAZ *et al.*, 1999).

### 3.5. A Importância do Monitoramento

O monitoramento de macrófitas em reservatórios de abastecimento de água e energia elétrica tem sido uma preocupação instalada na última década (ROCHA; MARTINS, 2011). O monitoramento constante permite identificar focos iniciais de plantas de alto risco para a produção de energia elétrica e a tomada de decisões subsidiando o seu controle (CARVALHO *et al.*, 2005). Porém, no Brasil, na maioria das vezes, o manejo é realizado quando se verifica a grande infestação de macrófitas aquáticas, sendo necessários métodos corretivos que visem sua remoção e solucionem os problemas secundários a cerca de seu crescimento descontrolado.

Os prejuízos são relevantes uma vez que, para a retirada das macrófitas das usinas, as turbinas são paralisadas, o que justifica a queda na geração de energia elétrica. Além do mais, o prejuízo verificado é somado aos custos pela coleta e transporte das macrófitas e substituição das grades das turbinas (POMPÊO, 2009).

Segundo Thomaz e Bini (1999), para o efetivo manejo desses vegetais em reservatórios, primeiramente é necessário se fazer um levantamento do número de espécies. A identificação das espécies existentes no reservatório em estudo auxilia na criação de uma base de dados que determina o potencial de danos causados pelas populações de macrófitas ao ambiente e seus usos múltiplos, principalmente os relacionados à geração de energia elétrica. Após esse levantamento, pode-se averiguar se realmente o manejo ou controle se faz necessário e, ainda, caso o seja, em que grau este deve ser empregado.

Portanto, o monitoramento além de ser considerado uma importante ferramenta no delineamento dos ambientes com maiores riscos de infestação, tornando o manejo mais eficiente, também evidencia até que ponto as macrófitas não representam riscos reais aos ambientes aquáticos e aos seus usos múltiplos, não necessitando seu manejo do ambiente, uma vez que em algumas situações não relevantes para esse trabalho, o manejo deveria ser utilizado no sentido de estimular a colonização e o incremento destas populações de vegetais (THOMAZ e BINI, 1998; THOMAZ, 2002).

### 3.6. Mecanismos de controle

A partir do momento em que as macrófitas passam a ocasionar problemas para os usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos, surge a necessidade de aplicar um dos métodos corretivos de manejo para o controle.

Características favoráveis na biologia desses vegetais (grande potencial de dispersão, colonização e regeneração, alto nível de crescimento e existência de espécies dormentes) impõem várias restrições ao controle das macrófitas pelos métodos tradicionais (químico, físico, mecânico e biológico) inviabilizando esses processos e causando danos ao ambiente quando utilizados de maneira errônea (THOMAZ, 1998). Outro fator que pode ser considerado como agravante para a baixa eficiência desses métodos tradicionais é a falta de estudos científicos básicos sobre a ecologia desses vegetais, assim como comentado anteriormente.

A remoção de macrófitas aquáticas além de controlar os problemas aos usos múltiplos da água também se mostra como alternativa no controle da eutrofização uma vez que, por intermédio desta remoção também se retiram teores de nitrogênio e fósforo da água (POMPÊO, 2009).

Para o manejo das macrófitas aquáticas em reservatórios, efetuar o controle em grande escala utilizando os fatores ambientais como: temperatura, precipitação e disponibilidade de nutrientes torna-se muito difícil (POMPÊO, 1996). Para a seleção do método de controle mais eficiente, deve-se conhecer suas vantagens e desvantagens de aplicação para o ecossistema bem como para seus usos múltiplos, além do conhecimento a cerca da biologia do vegetal problema (GIBBONS *et al.*, 1994).

Vale ressaltar que os métodos de controle corretivos podem ser aplicados em casos extremos quando o reservatório encontra-se infestado por macrófitas. Em outros casos, os métodos preventivos são mais viáveis, permitindo o não aparecimento de problemas nas águas e também o não crescimento descontrolado de macrófitas no reservatório (POMPÊO, 2009).

O quadro 1 mostra os vários métodos de controle para plantas daninhas segundo o Department of Ecology de acordo com POMPÊO (2009).

Entre os vários mecanismos que podem ser aplicados, o método físico de poda e coleta manual é o mais simples e mais indicado para lagos de pequeno porte e ligeiramente infestados. Neste controle são utilizadas pás, facas e bolsas vazadas para sua retirada do ambiente e posterior armazenagem e remoção do vegetal em sua totalidade ou em partes. Em ambientes mais profundos a utilização de equipamentos mais sofisticados e certa experiência para o procedimento se fazem necessárias (POMPÊO, 2009).

Quadro 1 - Métodos de controle de macrófitas aquáticas

Métodos Físicos	Métodos Mecânicos	Métodos Biológicos	Métodos Químicos
Poda e Coleta Manual  Uso de Telas / Cobertura do Sedimento  Alteração do Nível de Água  Tingimento da Coluna de Água  Aplicação da chama	Poda e Coleta: Cortadores Mecânicos / Ceifadeiras Mecânicas  “Rotovation”  Dragagem	Carpa Capim  Fungos	Fluridone  Glifosate  Diquat

Fonte: Pompêo, 2009

Outro procedimento citado por Pompêo (2009) é a remoção parcial do vegetal daninho, apenas através do corte da macrófita sem a remoção de suas raízes. Para o corte destes vegetais é utilizado um instrumento em forma de “V” com lâminas cortantes na parte externa (figura 9a) que removem as macrófitas enraizadas. O instrumento é lançado na água e puxado cortando o vegetal. Este método se mostra eficaz em reservatórios de pequeno porte, porém as desvantagens são a não seletividade e o simples corte dos vegetais possibilitando o rebrotamento de seus fragmentos.

Um rastelo (figura 9b) também pode ser utilizado como instrumento para a retirada das macrófitas, inclusive de suas raízes, porém sua desvantagem é não ser específico, causando a remoção de outras plantas habitantes do ecossistema assim como prejuízos aos seres bentônicos e à qualidade da água através da raspagem do sedimento. De acordo com Pompêo (2009) é um instrumento aconselhável para ecossistemas na fase inicial de colonização.

O uso de telas para cobrir o sedimento também é outro tipo de procedimento utilizado. As telas reduzem ou bloqueiam a quantidade de luz disponível e impedem o crescimento das macrófitas aquáticas enraizadas. A tela deve ser introduzida no fundo do reservatório impedindo o desenvolvimento dos vegetais abaixo dela. Como vantagem desta técnica pode-se citar a criação de uma extensa superfície de água visível, o espelho de água. Porém, Pompêo (2008) cita como desvantagens a redução da área habitável para seres bentônicos, assim como para outros seres que utilizam o sedimento para desova; perigos a barqueiros e nadadores; e, em ambientes rasos com luz até o fundo, as macrófitas podem colonizar rapidamente a porção superior à tela.

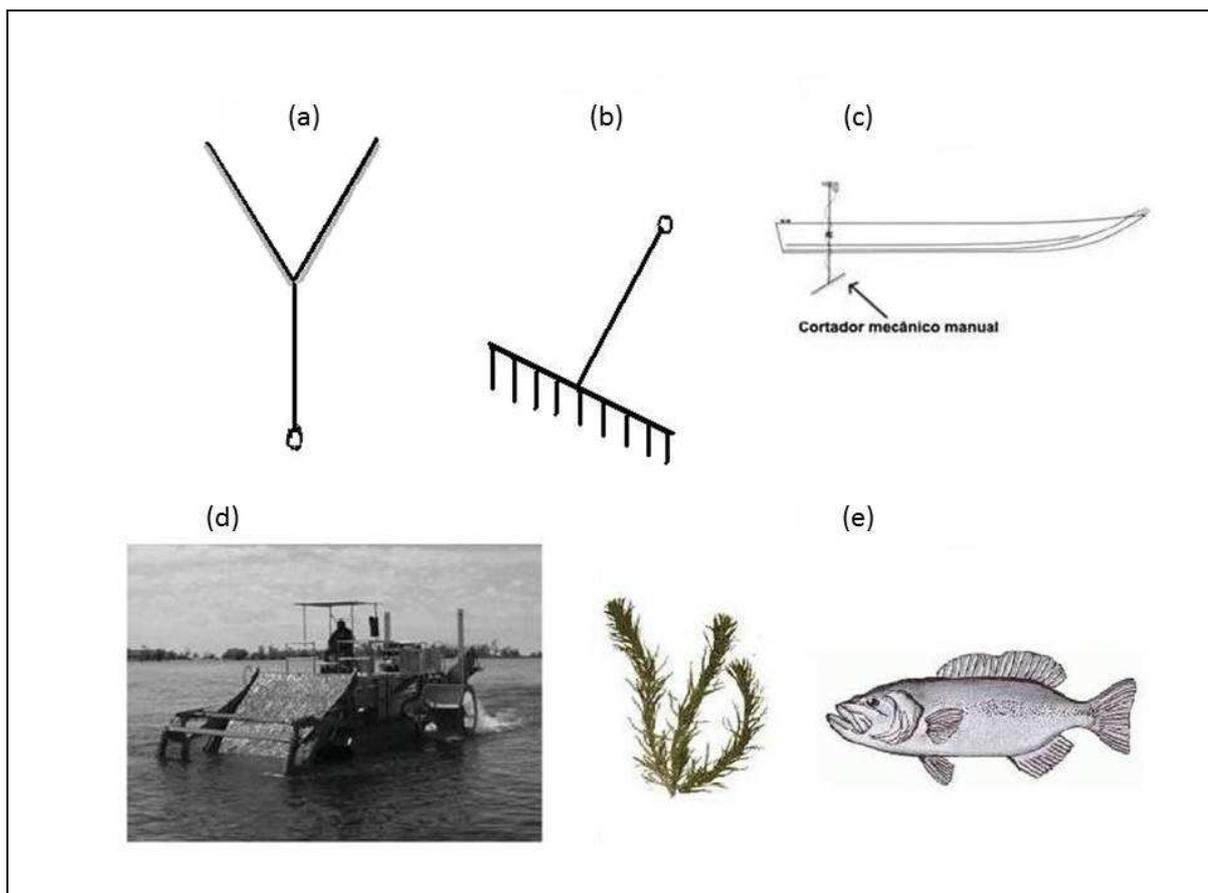


Figura 7 – Procedimentos utilizados para a remoção de macrófitas: a) Lâmina cortante em “V”; b) rastelo; c) cortador mecânico manual; d) ceifadeira mecânica; e) herbivoria.

Fonte: Adaptado de Pompêo (2009).

A alteração do nível de água também foi citada por Pompêo (2009) e pode ser realizada tanto para aumentar quanto diminuir o nível de água do reservatório.

Para o tingimento da água utiliza-se uma composição de “tinta” adequada que impedirá a penetração da luz e conseqüentemente o desenvolvimento do vegetal. Porém, este método físico pode prejudicar não somente as macrófitas problemas, como toda a comunidade habitante do corpo d’água (POMPÊO, 2008).

A aplicação da chama foi muito utilizada nos Estados Unidos entre as décadas de 30 e 60 para o controle de plantas daninhas em culturas de algodão e sorgo, porém, devido ao aumento dos preços dos combustíveis fósseis e do surgimento de herbicidas, esta técnica passou a ser abandonada (SEIFERT; SNIPES, 1998). Entretanto, entre os agricultores orgânicos da Europa, a técnica voltou a ser utilizada nas décadas de 80 e 90, devido à proibição da adoção de qualquer técnica química nas lavouras (Bond & Grundy, 2001 apud MARCHI *et al.* 2005). Para esta técnica podem ser utilizados dois equipamentos: um bico dosador ou com chama de 1900°C ou um difusor infravermelho com chama não-visível de 900°C. Em ambos os equipamentos se utilizam o gás liquefeito de petróleo (GLP) ou misturas a base de propano e butano como

combustível que necessita entrar em contato com a folha ou planta daninha (MARCHI *et al.* 2005), portanto pode-se verificar a especificidade desta técnica no controle de plantas daninhas.

Podem ser empregados também cortadores mecânicos para a poda abaixo da lâmina de água (figura 9c). O instrumento é constituído de lâminas cortantes que se movimentam uma sobre as outras enquanto é passada na profundidade determinada. Após seu corte, a remoção é feita por coleta manual. Sua desvantagem é que este procedimento também remove do corpo d'água não só as plantas daninhas (POMPÊO, 2009).

Outro mecanismo utilizado e citado por Pompêo (2009) é a dragagem que consiste em um método mecânico que utiliza uma mangueira e bomba que retira do reservatório apenas as macrófitas daninhas, porém, há sucção do sedimento. Mais sofisticado, porém parecido com a dragagem, o “rotovation” constitui-se de uma grande máquina com lâminas giratórias que revolvem o sedimento e removem a vegetação enraizada.

As ceifadeiras mecânicas são sofisticadas máquinas que cortam através de um sistema de esteiras que recolhem as macrófitas em um compartimento na própria máquina (figura 9d). Apesar da redução com o custo de operação do equipamento e a redução do número de horas trabalhadas, a máquina necessita de manutenção constante, onde passa por inspeção e limpeza após ir a campo, uma vez que pode liberar propágulos em outros reservatórios e infesta-los. Além disso, junto com as macrófitas, as lâminas da ceifadeira removem outros seres como pequenos peixes, invertebrados e até mesmo anfíbios e tartarugas marinhas (POMPÊO, 2009).

Atualmente, cresce a conscientização mundial sobre os impactos ambientais e efeitos tóxicos causados pelo uso indiscriminado de produtos químicos para o controle de pragas. Esta preocupação tem fortalecido a ideia para uma crescente utilização de métodos biológicos de plantas invasoras como um modelo de controle sustentável, ambientalmente positivo e potencialmente efetivo (NACHTIGAL, 2008). Através deste método busca-se utilizar organismos vivos para controlar ou reduzir a comunidade de macrófitas aquáticas daninhas. Uma dessas espécies a ser considerada são os peixes, que utilizam esses vegetais como alimentação e abrigo. A carpa capim (figura 9e) é uma espécie de peixe de água doce de origem asiática que pode ser encontrada nas regiões sul e sudeste do Brasil.

Através do método biológico busca-se manter controlável a população de espécies indesejadas com o uso de inimigos naturais, de modo a reduzir o dano causado e a tornar a presença da espécie tolerável (NACHTIGAL, 2008). Porém, apesar de ser considerado um mecanismo de baixo impacto ambiental, é importante se fazer algumas ressalvas, já que a introdução de espécies exóticas é registrada como um problema não só em ecossistemas aquáticos, mas também terrestres. Portanto, Thomaz e Bini, (2003) ressaltam a importância na

observação criteriosa para a introdução de espécies exóticas evitando mudanças na estrutura da comunidade de peixes nativos, alterações no habitat, competição e a introdução de agentes patogênicos e, por consequência, o aparecimento de doenças.

Historicamente, o controle biológico clássico tem obtido sucesso há mais de um século. A partir de 1972, iniciou-se um estudo de biocontrole denominado bioherbicida que envolve um organismo que causa certa doença e conseqüentemente diminui ou controla a população de plantas daninhas (BORGES NETO *et al*, 2004). A estratégia do bioherbicida, diferente do controle biológico convencional, utiliza-se de predadores patógenos nativos, utilizados de forma similar às aplicações dos herbicidas convencionais. Plantas invasoras podem ser fontes atrativas aos bioherbicidas, sendo estes mais compatíveis que os herbicidas químicos utilizados (NACHTIGAL, 2008). Segundo Pompêo (2009), alguns impedimentos na aplicação desta técnica são a dificuldade em se cultivar em larga escala estes organismos, a necessidade de estudos que determinem a efetividade desta aplicação, de seu melhor período e sua periodicidade em grandes bancos de macrófitas aquáticas, além de estudos que detectem a especificidade dos patógenos a determinada macrófita e a proteção à saúde dos aplicadores.

É comum a utilização de produtos químicos em ambientes aquáticos que abrigam macrófitas, uma vez que o método se mostra eficiente, prático em curto prazo e empregado mundialmente. O método químico intoxica a planta, matando-a e controlando a espécie tida como daninha (POMPÊO, 2009). Muitos ingredientes ativos são testados experimentalmente em sistemas fechados sem a permissão para sua utilização. No Brasil, o fluridone é o único herbicida utilizado em reservatórios de hidrelétricas, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e na ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ESTEVES, 1998).

Pompêo (2009) ressalta que mesmo sendo comprovada sua eficiência e visando seu emprego apenas em casos específicos, ainda se fazem necessários vários estudos para comprovar a efetividade e a propriedade em seu uso. Avaliar o melhor momento e procedimento para a aplicação do herbicida, a dose correta para o controle (dose única ou não), se existirão aplicações combinadas com outros herbicidas, verificar sua especificidade e, além disso, preocupar-se com os danos causados ao meio ambiente e à preocupação com a saúde dos aplicadores, são ações que devem existir ao utilizarem-se herbicidas para o controle de macrófitas aquáticas. O autor ainda salienta a importância de estudos que comprovem a especificidade do produto utilizado e o potencial de intoxicação e/ou comprometimento do ecossistema tanto com relação à sua biota quanto para seus usos múltiplos após a aplicação do produto químico (herbicida). O controle de macrófitas através do uso de herbicidas ocorre desde o final da década de 60, porém, o método

precisa ser mais bem avaliado para então se chegar a uma conclusão de sua total eficiência (GUIMARÃES *et al.* 2003).

Segundo Wade (1990), dentre os métodos convencionais citados, o método mecânico pode ser considerado o menos impactante. Se aplicado corretamente, não deixa resíduos tóxicos nem espécies exóticas continuam ativas no ecossistema após sua aplicação. Em contrapartida, esse mecanismo deixa as partes submersas intactas e não retira todos os fragmentos desses vegetais do solo, podendo brotar novamente e originar novas plantas. Barbosa e Gentil (2009) resumem que para o sucesso neste controle deve ocorrer uma forte parceria entre a população e as estratégias de gerenciamento ambiental.

### 3.7. Mecanismos de controle utilizados no Brasil

Singularmente, o Brasil é um país que, na maioria das vezes, aplica os procedimentos de manejo de macrófitas aquáticas quando a infestação já atingiu níveis elevados, sendo necessária a aplicação unicamente de mecanismos corretivos para a remoção da planta daninha e solução de problemas advindos com seu crescimento exagerado.

Para o controle da infestação de plantas aquáticas em seus reservatórios, a Eletropaulo utilizou-se de vários procedimentos: o método manual para remoção de macrófitas em locais de fácil acesso; o lança-chamas de forma experimental em 1957 no Reservatório Pirapora; a remoção por escavadeiras que é um método adotado até a data atual tanto para a retirada de macrófitas quanto para a retirada de lixo e detritos acumulados no Canal Pinheiros; o processo químico e o biológico (BARBOSA; GENTIL, 2009).

No final da década de 90, a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) utilizou-se da alteração do nível de água para controlar a macrófita submersa *Egeria densa*, no sistema Moxotó-Paulo Afonso (BA). Porém, em curto período, quando o reservatório voltou a seus padrões normais, a vegetação voltou a causar danos e preocupações (POMPÊO, 2008).

Entre 1990 e 1999 foram substituídas 1016 grades na Usina Eng. Souza Dias. Para evitar danos ainda maiores com a parada das unidades geradoras, quando se detecta a presença de plantas aquáticas nas grades das turbinas, a geração de energia é reduzida em cerca de 60%. Neste momento, são acionados equipamentos para a retirada da vegetação aderida às grades. Esses equipamentos, os pórticos limpa-grades, são instalados na usina e são compostos de uma caçamba sobre rodas que desliza sobre as grades atingindo as plantas aquáticas, como mostram as figuras 8 e 9 (THOMAZ; BINI, 2003). Para atenuar ainda mais os impactos causados pelo crescimento desordenado das macrófitas aquáticas, a usina Eng. Souza Dias adotou ainda duas outras medidas:

- Alteração da Lei de Manobra, onde primeiramente se abrem as 4 comportas de superfície e, se necessário, posteriormente se abrem as 37 comportas de vertimento de fundo. Dessa maneira, as macrófitas flutuantes são desviadas das unidades geradoras, reduzindo o entupimento das grades.

- Procedimentos para minimizar as vazões da Usina Três Irmãos, sabendo-se que as macrófitas submersas se desprendem do fundo do reservatório quando há uma variação das vazões desta usina (THOMAZ; BINI, 2003).

Além de todos os procedimentos adotados, os impactos são nítidos, o que levou a Companhia Energética de São Paulo (CESP) a utilizar o método químico para atenuar o problema (THOMAZ; BINI, 2003).

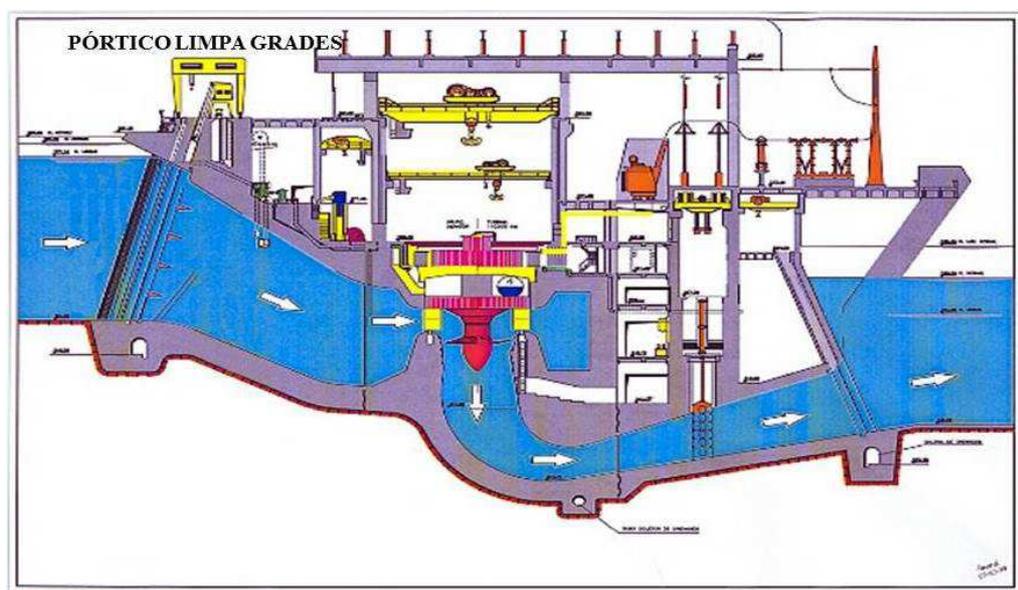


Figura 8 – Localização do pórtico limpa-grades na Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias.  
Fonte: Adaptado de Renó *et al.* (2009).



Figura 9 - Material retirado pelo pórtico limpa-grades na Usina Eng. Souza Dias, composto principalmente por macrófitas submersas.  
Fonte: Thomaz; Bini, 2003.

A diminuição na geração da energia elétrica acarreta sobre de água que deve ser vertida sem gerar eletricidade, já que o reservatório de Jupia por ser do tipo fio-d'água, armazena pequena quantidade de água. A usina ainda conta com uma comporta do tipo “stop-log” com

lâminas de aço e um rebocador com grades em sua proa. As plantas presas nas grades cortadas pelo “stop-log” atravessam, em sua maioria, as grades juntamente com a água turbinada. Já o rebocador empurra ilhas flutuantes dessas plantas em direção às margens ou vertedouros antes que cheguem à tomada d’água das máquinas (THOMAZ; BINI, 2003).

A Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) juntamente com a CESP vêm pesquisando a possibilidade de utilização do controle biológico com peixes, insetos e de bioherbicidas para o controle de plantas submersas, emersas e flutuantes em seus reservatórios (THOMAZ; BINI, 2003).

De acordo com os estudos de Bueno *et al.* (2006) e Thomaz e Bini (2003), o rebaixamento dos níveis de água do reservatório de Itaipu na época de chuva controlou o desenvolvimento de *Egeria najas*, matando a colonização existente. O que comprova que a queda abrupta dos níveis de água do reservatório afeta negativamente não apenas a biomassa de *E. najas* mas também sua distribuição no reservatório. Em pequenas praias do reservatório de Itaipu, como a do município de Santa Helena (PR), a remoção de macrófitas daninhas é realizada por pescadores de forma manual (THOMAZ, 2002).

Por ser o reservatório de Itaipu do tipo fio-d’água, onde o nível da água é praticamente constante, há favorecimento para a colonização de uma rica assembleia de plantas aquáticas. No ano de 1995, foram iniciados os estudos no reservatório de Itaipu (margem brasileira) com o intuito de identificar as espécies de macrófitas existentes no local (Thomaz *et al.*, 1999 apud THOMAZ; BINI, 2003). De acordo com informações de Itaipu Binacional<sup>1</sup> (2012), 64 espécies de plantas aquáticas já foram identificadas no reservatório sendo as espécies *Egeria najas*, *Eichornia azurea*, *Cyperus sp.* e *Salvinia nutans* as mais frequentes. A iluminação subaquática favorável no reservatório faz com que áreas potencialmente colonizadas sejam relativamente maiores assim como acontece com a biomassa, acarretando problemas à produção de energia elétrica (THOMAZ; BINI, 2003).

Tendo em vista os problemas ocasionados pelas macrófitas submersas à produção de energia elétrica em reservatórios brasileiros uma série de experimentos vem sendo testada com o objetivo de avaliar os efeitos de fatores abióticos como radiação solar, nutrientes e gás carbônico sobre as taxas de crescimento e fotossíntese dessas principais espécies encontradas no reservatório de Itaipu. Para as demais espécies habitantes do reservatório são realizados experimentos avaliando a influência das oscilações de níveis de água sobre o desenvolvimento

---

<sup>1</sup> <<http://www.itaipu.gov.br/meioambiente/macrophytas-aquaticas>> Acesso em: 24/07/12.

da vegetação aquática. Através destes experimentos pode-se chegar a melhor técnica de manejo dessa vegetação (THOMAZ; BINI, 2003; Itaipu Binacional, 2012).

Outra infestação de macrófitas aquáticas ocorrida em reservatórios brasileiros se deu entre os anos de 1997 e 1998 no Lago das Garças (Instituto de Botânica, SP) onde foram retirados aproximadamente 100 caminhões de 5m<sup>3</sup> cada contendo macrófitas daninhas. A espécie *Eichhornia crassipes* ocupou parcela do corpo d'água e sua remoção se deu por processo manual utilizando-se de ganchos que eram lançados no reservatório e puxados até a margem (POMPÊO, 2009).

O Instituto Socioambiental (ISA, 2006) relatou que no Reservatório do Guarapiranga, localizado no sudoeste da região metropolitana de São Paulo, no final dos anos 80 iniciou-se a ocupação do entorno por algas que causaram entupimento dos filtros na captação de água e ameaçaram o abastecimento de água de três milhões de pessoas.

Por ser o Reservatório Guarapiranga (SP) um corpo-d'água de grande porte, tornou-se complicada sua restauração. A remoção mecânica foi considerada um processo de alto custo e o método químico, por utilizar contaminantes, poderia colocar em risco o abastecimento público de água, por isso foram considerados métodos inviáveis (Eletropaulo, 1982; Isa, 2006 apud BARBOSA; GENTIL, 2009).

No ano de 2005, o problema enfrentado pelo reservatório Guarapiranga foi com a espécie de macrófita enraizada *Polygonum* sp, que cresceu em torno da barragem e no ponto de captação da água. A SABESP fez sua retirada com o auxílio de um guindaste. No ano de 2007, novamente houve infestação de macrófitas aquáticas no reservatório, porém, desta vez por outras duas espécies, a *Pistia stratiotes* e *Salvinia* sp. que foram removidas manualmente e encaminhadas para um aterro sanitário (POMPÊO, 2009).

No Ciclo de Conferência de Gestão Ambiental e Seminário de Monitoramento e Manejo de Macrófitas Aquáticas em Represas Brasileiras, organizado pela SABESP em 2009, foi ressaltado que a melhor alternativa para o controle de macrófitas seria a que integra e conhece as variáveis operacionais e ecológicas do ecossistema em estudo (SABESP, 2009).

A hidroacústica tem se mostrado como uma ferramenta de notável avanço nas últimas décadas e vem se difundindo bastante como ferramenta de auxílio para a Limnologia. As aplicações da hidroacústica são eficientes no estudo de grandes reservatórios tropicais sendo os bancos de macrófitas submersas facilmente identificados e tratados com esse sistema de sondas (COELHO; NETO, 2009).

Pompêo (2009) também cita o caso de infestação da espécie *Salvinia auriculata* na represa Billings (braço Rio Grande) no ano de 2004. Além do aspecto negativo levantado pela

ocupação desordenada desta macrófita, os gestores do reservatório tinham preocupação com a qualidade da água, já que a represa abastecia cerca de 1,5 milhões de pessoas. Para o controle, os bancos de vegetação abrigados próximos ao ponto de captação da água foram retirados através de barcos e levados até a margem, onde foram retirados manualmente e transportados para um aterro sanitário. Para facilitar o trabalho, a SABESP desenvolveu uma esteira rolante que transportava a massa vegetal diretamente das margens às caçambas dos caminhões. De acordo com Palombo (1997), por ser a represa de Billings um ambiente eutrofizado, bancos de *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* também cobrem grande área da represa.

Para controlar o crescimento de ervas daninhas no cultivo de arroz, foi introduzida no sul do Brasil a carpa capim, porém, hoje nota-se que essa espécie de peixe teve seu objetivo ampliado, sendo visualizada sua crescente criação em açudes, para consumo próprio, lazer e comercialização, possibilitando o ganho em produção animal para o piscicultor (Cerva, 2003 apud SPONCHIADO, 2008).

Apesar de, a grande maioria das vezes, ser utilizado o controle corretivo contra as macrófitas, o controle preventivo poderia reduzir o problema. Investir em coletores de estações de tratamento de esgoto solucionariam as causas do crescimento, uma vez que o lançamento de nutrientes de efluentes domésticos e industriais ou por escoamento superficial de áreas agrícolas no Brasil são os principais fatores responsáveis pela eutrofização e conseqüentemente pelo crescimento acelerado de macrófitas aquáticas (POMPÊO, 2009; BIANCHINI Jr; CUNHA-SANTINO, 2010).

### 3.8. Descarte e destino das macrófitas removidas

Após a remoção das macrófitas daninhas do reservatório em estudo, deve-se ter a preocupação com seu adequado descarte ou até mesmo o uso apropriado da biomassa removida. Segundo Pompêo (2009), quando se fala em descarte não se deve pensar em jogar fora algo que não serve mais e sim pensar em utilizar procedimentos que visem colocar o material removido em local adequado ou fazer seu uso para determinadas finalidades em conjunto com a legislação vigente para tal. Para o autor, o aterro sanitário é recomendado como destino para o descarte de macrófitas aquáticas removidas. Um aterro é projetado para receber resíduos sólidos produzidos pela sociedade e tratar os líquidos e gases produzidos por esses resíduos (GUIMARÃES, 2000).

Outra discussão se dá acerca do uso das macrófitas como ração animal. Alguns trabalhos tem merecido destaque por se mostrarem viáveis no aproveitamento de macrófitas aquáticas na alimentação de peixes, destacando os autores Santiago *et al.* (1988), Essa (1997) e Naegel (1997) apud HENRY-SILVA *et al.* (2006).

Henry-Silva *et al.* (2006) realizaram, no ano de 2004, um trabalho com o objetivo de verificar a potencialidade na utilização de macrófitas aquáticas das espécies *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* na alimentação de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Porém, a utilização de ração contendo essas macrófitas, segundo os autores, é recomendada apenas em substituição a ingredientes que apresentem valores semelhantes ao estudado, uma vez que, apesar do maior tempo para a coleta de fezes das tilápias alimentadas com macrófitas, a concentração de fósforo na água aumentou, podendo acarretar eutrofização.

Oliveira *et al.* (2005) também citam em seu estudo a possibilidade de aproveitamento da biomassa de *Egeria densa* em regiões onde a colonização é vasta e se torna inevitável sua convivência, assim como ocorre nos reservatórios de Paulo Afonso (BA). Se fosse essa biomassa utilizada como ração animal, a produção na época da seca aliviaria a deficiência de alimento para o animal nessa época. O elevado crescimento desta vegetação pode ser utilizado positivamente como agente purificador em sistemas de hidroponia, biofiltros de efluentes, potencializando a remoção de nutrientes e geração de mais biomassa que poderá ser aproveitada.

De acordo com Gonçalves (2006), alguns autores ressaltam a importância das macrófitas como alternativa que contribui para a despoluição de ambientes aquáticos, já que sua biomassa possui alta capacidade de acumular íons metálicos, como por exemplo, a espécie *Eichhornia crassipes* que age como um filtro natural na remoção de poluentes. Porém, vale ressaltar a necessidade de um estudo mais preciso para a definição da melhor alternativa de destino para as macrófitas após o tratamento do efluente.

### 3.9. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Indicadores de Desempenho

Tommasi (1994) relata que o processo de degradação ambiental se iniciou há muito tempo, porém, somente a partir da década de 60 que movimentos ambientalistas protestaram contra derramamento de óleo, construção de grandes represas, usinas nucleares e rodovias e, gradativamente foi-se criando a consciência de que a aprovação de projetos não poderia se limitar apenas aos aspectos tecnológicos, esquecendo-se dos aspectos ambientais, sociais e culturais. Com isso, em 1969, foi implantado nos EUA o sistema de Estudo de Impacto Ambiental – EIA, com o objetivo de se criar o que se conhece atualmente como desenvolvimento sustentável.

Desde sua criação, ainda na década de 60, o EIA é considerado uma importante ferramenta para tornar o projeto ambientalmente viável, sendo um instrumento de política ambiental que busca considerar os impactos, informando a sociedade e adotando medidas que eliminem ou minimizem esses impactos a níveis toleráveis (ICB, 2004 apud BARBOSA, 2004).

No Brasil, o primeiro EIA a ser realizado foi o da Barragem e Usina Hidrelétrica de Sobradinho em 1972, porém, os critérios básicos foram estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), somente em 1986 através de sua resolução 001/86 (SANCHÉZ, 2008).

Para Moreira (1992), elaborar um estudo de impacto ambiental tem como finalidade conhecer as principais consequências ambientais de um projeto, atendendo aos regulamentos de proteção ambiental e auxiliar na tomada de decisão sobre sua viabilidade. Para isso, são utilizados diversos métodos e técnicas das disciplinas envolvidas nos estudos ambientais e outros métodos criados para alcançar a finalidade do projeto em específico.

De acordo com Gonçalves (2005), a preocupação com a preservação ambiental é uma necessidade da vida moderna. As organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas em atender um desempenho ambiental sólido, controlando os impactos de suas atividades e serviços em coerência com a política ambiental existente (OLIVEIRA, 2010).

Os Indicadores de Desempenho ou *BSC (Based Scored Concept)* são ferramentas que utilizam a determinação de pesos para diferentes variáveis de um projeto, de maneira a se avaliar aspectos específicos de interesse. De acordo com Santos (2008) e Oliveira (2012), a ferramenta *BSC* contribui com a tomada de decisão diante da comparação dos desempenhos obtidos por cada projeto estudado, além de caracterizar qual dos projetos é o menos impactante e o mais viável.

Além disso, os indicadores desempenham papel fundamental na correta avaliação dos resultados. Em termos de planejamento, os indicadores possibilitam a fixação de metas globais e setoriais, que permitem o replanejamento de atividades e a utilização de mecanismos menos danosos ao ambiente e que, porventura, terão os mesmos resultados. Portanto, os indicadores de desempenho têm o objetivo de comparar a situação atual existente, apontada pelos indicadores descritos, com um conjunto específico de condições de referência (OLIVEIRA, 2010).

Segundo Strobel (2005), tanto para a questão social quanto para a questão ambiental, existem indicadores que possuem a função de medir o grau de sucesso da implantação do projeto diante de algum objetivo já estabelecido. Ainda salienta que o ideal seria que todas as informações mais completas a respeito do projeto fossem disponibilizadas para que todos os indicadores se aproximassem o máximo possível da realidade, porém, isso nem sempre acontece, sendo necessária a adaptação dos indicadores aos dados disponíveis.

Em contrapartida, Castello Branco (1998) ressalta que o desempenho global de um projeto pode ser medido efetivamente através de poucos índices. E que, como os indicadores são inerentes a cada estrutura organizacional, para cada nível organizacional existirão determinados indicadores, articulados a outros, perfazendo um conjunto que permeia todo o aspecto em estudo. No entanto, os indicadores de desempenho são inerentes a cada ambiente e a inferência ou extrapolação de resultados de um ambiente a outro dependerá de nova avaliação.

## 4. Metodologia

### 4.1. Determinação dos Indicadores de Desempenho

Após um levantamento bibliográfico dos métodos de controle de macrófitas utilizados em reservatórios de hidrelétricas, realizou-se uma avaliação da eficiência de cada método a partir da atribuição de indicadores de desempenho quanto aos danos ou impactos ambientais ocasionados na retirada de macrófitas, de acordo com os seguintes aspectos: água, fauna aquática e flora aquática. Não foram analisados aspectos com relação ao solo e ar, uma vez que as macrófitas habitam o ambiente aquático e os métodos de controle são executados exatamente dentro deste ambiente, sendo excluída então, a análise da fase de destino das macrófitas após sua retirada dos reservatórios.

O modelo de matriz proposta para este estudo é uma adaptação *The Rapid Impact Assessment Matrix for EIA* (RIAM) desenvolvida por Pastakia e Jensen (1998). Apesar deste tipo de matriz apresentar resultados de estudos de impactos globais, suas análises são rápidas e precisas, o que favorece a tomada de decisão. Vale ressaltar que este tipo de matriz identifica o impacto causado, porém não o avalia.

Por este modo, os indicadores tratados neste trabalho podem ser classificados como um conjunto de bioindicadores, indicadores paisagísticos, qualitativos e de risco. Os **Bioindicadores** compreendem variáveis biológicas, ecológicas, de espécies ou populações que ao entrarem em contato com uma mudança no ecossistema sofrem também algum tipo de alteração. Neste caso, podem-se classificar como indicadores deste tipo: os seres analisados na flora e na fauna aquáticas.

Os indicadores **paisagísticos** indicam o aspecto estético de um determinado local (COELHO, 2008). Portanto, nesta análise, podem ser considerados indicadores deste tipo os relacionados com o aspecto água como: a temperatura, turbidez, DBO, eutrofização, assoreamento.

Já os indicadores **qualitativos** são baseados em critérios de apreciação de condições existentes devido ao uso de mecanismos de controle ou que já existiam antes do uso de qualquer mecanismo (COELHO, 2008). Neste caso, este tipo de indicador será indicado e justificado em cada análise atribuindo a ele um valor inicial.

Os indicadores de **risco** identificam os riscos ambientais diante do uso de determinado método de controle de macrófitas (PARTIDARIO, 1990). Para esta classificação englobam-se todos os indicadores paisagísticos e qualitativos citados anteriormente.

Para a avaliação dos indicadores de desempenho foram consideradas cinco possibilidades (cenários) entre um limite de 0 a 5, que identifica o local de menor impacto e o local com impacto muitas vezes irreversível, como mostra quadro 2.

Quadro 2 - Escala de pesos de referências relacionados às possibilidades de cenário

<b>PESOS DE REFERÊNCIAS</b>	<b>POSSIBILIDADES DE CENÁRIOS</b>
<b>0 – 1</b>	Melhor cenário analisado, onde para o aspecto não foi observado nenhum impacto.
<b>1,1 – 2,0</b>	Cenário razoável, reversível, onde é notado algum impacto, porém de pequena amplitude.
<b>2,1 – 3,0</b>	Cenário intermediário e regular, onde é possível identificar impactos ainda reversíveis, porém, mais severos do que na possibilidade acima.
<b>3,1 – 4,0</b>	Cenário fraco, sendo possível observar alto nível de impacto.
<b>4,1 – 5,0</b>	Pior cenário, sendo observados grandes níveis de impacto, muitas vezes, irreversíveis.

## 4.2. Quantificação das Matrizes

Para a criação das matrizes de interação foram selecionados três aspectos gerais: água, flora aquática e fauna aquática. Cada um desses aspectos recebeu um valor que foi chamado de *Fator (F)* que equivale à nota correspondente aos aspectos gerais (água, fauna e flora aquáticas) quanto sua significância na análise. Optou-se pela atribuição de pesos diferentes aos aspectos uma vez que, num quadro geral, alguns aspectos se definem como mais significativos que outros para a determinação de um índice final para cada mecanismo de controle. Esses dados podem ser visualizados no quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Seleção de Aspectos de acordo com a relevância

Aspecto	Fator (F)
Água	50
Flora Aquática	30
Fauna Aquática	20

O aspecto água foi considerado o aspecto de maior importância dentre os demais e por isso recebeu maior valor “**F**” na análise, uma vez que é o ambiente onde ocorre o abrigo e o controle das macrófitas. Caso o aspecto água esteja impactado, todo o ecossistema poderá ser alterado. À flora aquática foi atribuído valor intermediário uma vez que, ela tem papel fundamental no processo de transformação da matéria orgânica particulada no ecossistema aquático e também como fonte alimentar para os demais níveis tróficos do ambiente (DEVINE; VANNI, 2002). Ao aspecto fauna aquática foi atribuído o menor valor, já que depende dos demais aspectos.

Cada aspecto geral foi subdividido em itens que poderiam sofrer alterações em contato com os mecanismos de controle e também com a presença das macrófitas. Para cada item foi atribuído um valor (**p**) de acordo com sua relevância dentro do aspecto analisado. O resultado total de referência foi obtido pelo somatório de todos os pesos dentro de cada aspecto e teve valor igual a 1. Sendo a equação (1) dada por:

$$p_{(\text{total})} = \sum p = 1 \quad (1)$$

Além disso, partindo da atribuição de pesos com relação a cada aspecto analisado, foram atribuídas também a cada item **Notas Referências (N<sub>(ref.)</sub>)**, relacionadas ao impacto gerado tanto pela presença da macrófita quanto pela utilização do mecanismo de controle. Essas notas foram atribuídas de acordo com o quadro 2.

Para o aspecto água, os maiores valores dos itens *turbidez* e *Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)* são justificados uma vez que são elementos mais significativos quando comparados aos demais, tanto para o desenvolvimento de seres autótrofos quanto de seres heterótrofos que compõem o ecossistema. A presença das macrófitas altera o padrão de turbidez do ambiente aquático e aumenta o valor da DBO, fazendo com que estes sejam prejudicados quando do uso de mecanismos de controle de macrófitas (GUNKEL, *et al.*, 2003).

Posteriormente, foram calculados os valores do *Índice de Caso de Referência (ICR<sub>ref.</sub>)* que equivale ao cálculo dos impactos causados pela presença de macrófitas e pela utilização dos mecanismos de controle em cada item dentro do aspecto selecionado, sendo seu valor calculado a partir da seguinte equação (2):

$$ICR = F \times p \times N \quad (2)$$

Em que:

F é o fator geral de aspecto;

p é o peso do item no aspecto selecionado;

N é o impacto causado pela presença de macrófitas no item selecionado.

O quadro 4 demonstra os valores referenciais para a análise do aspecto Água.

Quadro 4 - Valores Referenciais para análise do aspecto Água.

ÁGUA	Fator (F)	Itens	peso (p)	Nota (Ref.)	ICR (Ref.)
	50	Turbidez	0,4	3	60
	DBO	0,2	2	20	
	Eutrofização	0,1	1	5	
	Temperatura	0,15	1	7,5	
	Assoreamento	0,15	1	7,5	
	TOTAL	1	8	<b>100</b>	

Diante desses valores, para o aspecto água, quanto mais próximo de 100 estiver o *ICR* do mecanismo de controle, mais impactante o será dentro deste fator.

Para a análise do aspecto flora aquática, considerou-se a classificação estabelecida por Irgan *et al.* (1984) de acordo com o nível de inundação suportado pela vegetação aquática. Foi atribuída maior significância às *plantas flutuantes*, uma vez que, por estarem acima do nível da água, possuem maior facilidade na captura de luz solar, produzindo maior quantidade de

oxigênio que será distribuída aos demais seres do ecossistema. O item mais significativo quanto à presença das macrófitas foram as plantas submersas fixas uma vez que possuem suas raízes aderidas ao fundo do reservatório ou a algum tipo de substrato, a presença das macrófitas poderá bloquear a passagem de luz, interferindo em seu desenvolvimento. Além disso, elas serão mais atingidas pelos mecanismos de controle de macrófitas do que as plantas flutuantes livres. As plantas flutuantes fixas podem ser visualizadas já que suas folhas estão expostas na lâmina de água, sendo assim, pode se utilizar um mecanismo de controle mais adequado. Apesar disso, por serem fixas também podem ser prejudicadas, assim como as plantas submersas livres, uma vez que suas raízes pouco desenvolvidas prendem-se a caules de outras plantas aquáticas. Por isso, plantas flutuantes fixas e submersas livres receberam o mesmo peso. As plantas anfíbias permanecem dentro da água somente em épocas de inundação vivendo às margens do ecossistema aquático por períodos variáveis sem inundação, portanto são menos afetadas pelos mecanismos de controle de macrófitas. Já as plantas emersas vivem dentro da água, porém com folhas crescendo acima da lâmina de água, o que favorece sua sobrevivência quanto ao uso destes mecanismos. O quadro 5 mostra os valores mencionados acima.

Quadro 5 - Valores Referenciais para análise do Aspecto Flora aquática.

FLORA AQUÁTICA	Fator (F)	Itens	peso (p)	Nota (Ref.)	ICR (Ref.)
	30	Flutuantes Fixas	0,3	2,5	22,5
		Flutuantes Livres	0,3	1	9
		Submersas Fixas	0,1	3	9
		Submersas Livres	0,1	1,5	4,5
		Anfíbias	0,1	0,5	1,5
		Emersas	0,1	1,5	4,5
		TOTAL	1	10	51

Diante disso, o mecanismo de controle que mais se aproximar do ICR 51 será o mais impactante na análise do aspecto flora aquática.

No aspecto fauna aquática, representado pelo quadro 6, pelo fato dos *seres bentônicos* viverem fixos em substratos ou sedimentos no fundo dos ecossistemas aquáticos, eles podem se constituir de abrigo para os demais seres habitantes do ecossistema, mas também podem sofrer maiores prejuízos com a presença de macrófitas já que poderão sofrer com a falta de

luminosidade no ambiente. Portanto, para este item atribuiu-se um peso maior. Pelo fato dos *seres bentônicos* viverem fixos em substratos ou sedimentos no fundo dos ecossistemas aquáticos, sua probabilidade de sobrevivência comparada aos seres nectônicos e planctônicos, pode ser menor quando afetados por algum tipo de mecanismo de controle para macrófitas aquáticas. Portanto, para este elemento atribuiu-se um peso maior. Aos seres nectônicos foi atribuído menor peso uma vez que possuem facilidade de escape dos mecanismos de controle já que são livres no ambiente.

Quadro 6 - Valores Referenciais para análise do Aspecto Fauna aquática.

FAUNA AQUÁTICA	Fator (F)	Itens	peso (p)	Nota (Ref.)	ICR (Ref.)
	20	Bentônicos	0,5	5	50
		Nectônicos	0,2	2	8,4
		Planctônicos	0,3	3,5	21,7
TOTAL		1	10,5	<b>80,1</b>	

Portanto, para o aspecto fauna aquática, o mecanismo que mais se aproximar do valor de 80,1 em seu *ICR*, será indicado como mais impactante dentro deste fator. Além disso, para os mecanismos de controle que necessitam da utilização de métodos complementares para a remoção da vegetação morta, foi considerado um valor inicial de 0,2 uma vez que essa vegetação pode não ser removida ou removida de forma inapropriada. Partindo disso, cada aspecto e seus itens foram analisados de acordo com a utilização dos mecanismos de controle em estudo.

### 4.2.1. Aspecto Água

Para a análise da **turbidez**, com relação à poda manual, considerou-se o valor inicial, porém, devido aos instrumentos utilizados para a retirada das macrófitas, pode-se considerar o revolvimento do sedimento.

Quando da análise do método físico de poda parcial, não se verifica alteração na turbidez da água, uma vez que as macrófitas superficiais são apenas cortadas, mantendo as raízes intactas e não revolvendo o sedimento. Porém, deve-se considerar o valor inicial devido à remoção das macrófitas do reservatório.

Para a remoção utilizando o rastelo, há grande movimentação do sedimento, que altera a qualidade da água assim como sua turbidez.

A utilização de telas para cobrir o sedimento, pode ser considerada como mecanismo que afeta a turbidez da água, uma vez que as telas reduzem ou bloqueiam a quantidade de luz no ambiente, impedindo o desenvolvimento de macrófitas enraizadas somente abaixo delas. Porém, em reservatórios rasos com penetração de luz até o fundo, o uso de telas se torna ineficiente, sendo colonizado rapidamente por macrófitas na porção superior à tela, aumentando assim, a turbidez (POMPÊO, 2009).

Como os cortadores mecânicos são constituídos de lâminas cortantes que se movimentam uma sobre as outras, pode haver movimentação do sedimento e consequente alteração na turbidez da água dependendo da profundidade onde o equipamento é utilizado.

Já para a remoção de macrófitas através da alteração do nível de água, segundo Jardim-Lima *et al.* (2003), a área de superfície e a profundidade dos reservatórios possuem uma variação sazonal e espacial de turbidez de acordo, também, com seus diferentes níveis de água. Além disso, Higuti e Takeda (2002), em trabalhos realizados em ambientes lóticos relatam que em períodos de cheia há aumento da velocidade da correnteza e desestruturação do sedimento, o que pode provocar alteração na turbidez da água.

Para a utilização de dragagem como método mecânico, Tucci e Collischonn (2000) relatam que um dos problemas deste mecanismo é que o transporte de sedimentos associados aos poluentes tóxicos e materiais finos produz redução da qualidade da água. Como haverá agitação do sedimento, haverá alteração na turbidez. Sendo o “*rotovation*” um método semelhante à dragagem, porém mais sofisticado que utiliza uma grande máquina, suas lâminas giratórias causam o revolvimento do sedimento e conseqüentemente elevam a turbidez da água desfavorecendo a fauna bentônica (POMPÊO, 2009).

Pelo fato de o método de tingimento da água utilizar tintas específicas que impedem a penetração da luz no reservatório, considerou-se que sua turbidez será afetada, além disso, é um mecanismo de necessita de método complementar para a retirada da vegetação morta.

Se após o controle através da aplicação da chama a vegetação morta não for retirada do reservatório, haverá alteração da turbidez por acúmulo de matéria morta. Portanto, neste caso, foi atribuído valor inicial a este tipo de mecanismo de controle.

Como a utilização de ceifadeiras mecânicas é indicada para lagos com grande área colonizável e preferencialmente profundo para evitar o revolvimento do sedimento (POMPÊO, 2009) não se observa alteração brusca na turbidez no reservatório, porém, como as ceifadeiras são grandes máquinas, pode haver erosão na beira do reservatório, causando alteração na turbidez.

O método biológico, quando observada à espécie que será introduzida, se mostra como um método eficiente, de baixo custo e resultados positivos. Uma vez que, a espécie a ser introduzida será herbívora e se alimentará das macrófitas. Porém, quando não se faz uma observação criteriosa para a introdução de espécies exóticas pode ocasionar mudanças na estrutura do ecossistema como um todo, favorecendo a alteração das características físico-químicas do reservatório e conseqüentemente a alteração na turbidez.

Porém, a utilização de herbicidas poderá alterar a turbidez da água, uma vez que os produtos utilizados podem afetar, a médio e longo prazo, sua transparência assim como o não recolhimento dos vegetais mortos impedirão a penetração da luz no reservatório.

Portanto, a alteração na turbidez da água prejudica em maior grau os seres habitantes do ecossistema não sendo desejável essa alteração para o controle de macrófitas.

Sendo a **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água, seus altos valores indicam lançamentos de cargas orgânicas e poluição na água (ANA, 2009). Segundo Vannote *et al.* (1980) em sistemas lóticos, a disponibilidade de oxigênio é maior. Em contrapartida, Saia e Bianchini Jr. (1998) ressaltam que em sistemas aquáticos naturais e reservatórios das regiões tropicais há incidência de macrófitas o ano todo, o que indica alto valor de DBO uma vez que para sua decomposição se demandará grande quantidade de oxigênio. Quanto maior o valor da DBO menor a quantidade de oxigênio dissolvido.

Apreciando que as macrófitas retiradas pelo método físico tenham destino adequado, não será observada alteração na DBO da água, porém, caso não ocorra uma destinação correta dos vegetais retirados do reservatório, eles constituirão matéria orgânica em decomposição, aumentando assim a DBO. Já para a remoção parcial das macrófitas, como o vegetal é apenas

cortado, há facilidade de rebrotamento de seus fragmentos restantes, o que justifica o valor atribuído a este índice, além disso, há necessidade de utilização de método complementar.

No caso da remoção por rastelo, pode haver alteração da disponibilidade de oxigênio da água, uma vez que, por não ser um método específico, o rastelo pode remover também outras plantas habitantes do ecossistema, diminuindo a taxa fotossintética do ambiente.

A utilização de telas para a remoção de macrófitas pode alterar a DBO uma vez que, causando turbidez na água, provocará decréscimo da taxa fotossintética dos vegetais que se encontram abaixo das telas (Vannote *et al.*, 1980) e grande demanda de oxigênio para a oxidação da matéria orgânica presente na água. Porém, se essas telas forem utilizadas como método preventivo, acredita-se que a DBO não se alterará, já que não haverá colonização de macrófitas.

Como os cortadores mecânicos não são específicos e a remoção é feita de forma manual, pode-se restar pedaços de vegetais no reservatório, sendo necessária maior demanda de oxigênio para sua decomposição (POMPÊO, 2009). Por outro lado, toda a vegetação pode ser retirada por esse mecanismo, havendo diminuição da taxa fotossintética na água.

Avaliando a alteração do nível de água como desestruturadora dos habitats desfavorecendo a permanência dos organismos bentônicos (HIGUTI e TAKEDA, 2002) poderá haver alteração da DBO no sistema aquático. O mesmo ocorre quando se utiliza a dragagem, uma vez que há sucção do sedimento (POMPÊO, 2009) que pode ser composto de vegetais principalmente se o reservatório sofre a influência de esgoto sanitário o que gera demanda de oxigênio bentônica (TUCCI e COLLISCHONN, 2000). O mesmo pode ocorrer com o “rotovation”.

Considerando que o método de tingimento da água gera vegetação morta no reservatório, pode ocorrer alteração na DBO como consequência, além disso, há necessidade de utilização de método complementar para a remoção da vegetação morta. O mesmo pode ser observado com a aplicação do método da chama.

Na utilização de ceifadeiras pode ser observada alteração na DBO uma vez que o método não é específico e elimina do reservatório seres não causadores de problemas. Para o método biológico foram consideradas as mesmas ponderações dadas para turbidez quando não se tem a preocupação com a escolha da espécie exótica a ser introduzida.

Já a utilização do método químico exige trabalho em conjunto de outro mecanismo para a retirada da massa vegetal morta. Caso não ocorra a retirada dessa vegetação, haverá alteração da DBO.

Qualquer alteração no ecossistema trará consequências aos seres habitantes, portanto, a DBO se alterada também trará prejuízos gerais ao ecossistema.

Um ambiente **eutrofizado** possui grande quantidade de nutrientes dissolvidos como nitrogênio, fósforo e carbono, aumentando a colonização de macrófitas no ambiente a níveis elevados (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). A presença de diferentes grupos de macrófitas é consequência do processo de eutrofização e não a causa da mesma (THOMAZ e BINI, 1998; POMPÊO, 2009). Em estágios mais avançados de eutrofização, espécies submersas enraizadas tendem a entrar em declínio devido à falta de luminosidade no ecossistema provocado pelo grande desenvolvimento de algas planctônicas, cedendo espaço para as espécies flutuantes (THOMAZ; BINI, 1998; THOMAZ, 2002). Em contrapartida, foi constatada a manutenção da transparência da água e as baixas densidades de algas em vários ambientes aquáticos eutróficos devido à presença de plantas submersas (THOMAZ, 2002).

Segundo Gunkel *et al.* (2003), um reservatório hidrelétrico tende a possuir alta carga de nutrientes após o represamento, o que favorece o processo de eutrofização. Portanto, em casos que não se observa favorecimento ao processo de eutrofização com a utilização de alguma técnica ou adição de nutrientes, considerou-se valor inicial de 0,3 de acordo com o exposto por Gunkel *et al.* (2003).

Na utilização da poda manual, haverá pouca agitação do sedimento e conseqüentemente mínima liberação de nutriente e substâncias tóxicas que comprometerão a coluna de água do reservatório (POMPÊO, 2009). Porém, há necessidade de método complementar e, caso haja disposição dos detritos removidos, pode haver adição de substâncias que maximizem a eutrofização do ambiente (THOMAZ, 2002). O mesmo pode ser observado quando se utiliza o rastelo para a remoção das macrófitas, porém, é interessante observar que quando se remove macrófitas fixas através deste processo, há maior agitação do sedimento.

Já para o mecanismo de remoção parcial, não se observa adição de nutrientes somente pela remoção da vegetação superficial, portanto, neste caso, atribui-se o valor inicial. O mesmo ocorrendo quando se utiliza telas para o controle de macrófitas.

No caso de cortadores mecânicos, as lâminas podem atingir o sedimento e provocar sua agitação, o que também comprometerá a qualidade da água pela adição de substâncias consideradas tóxicas (THOMAZ, 2002).

Não foram encontrados estudos que relatam a influência da alteração do nível de água com o processo de eutrofização, porém, como o nível da água interfere na existência dos habitantes do reservatório, foi considerado que, a utilização deste método necessita de complemento.

Como a dragagem causa agitação do sedimento, poderá haver adição de substâncias que propiciarão um aumento no processo de eutrofização. O “rotovation” apesar de semelhante à

dragagem causa revolvimento do sedimento e levantamento de nutrientes e/ou substâncias que atacam a fauna bentônica e conseqüentemente, proporcionam aumento do processo de eutrofização.

Não foram encontradas pesquisas que comprovem a relação da eutrofização com o método de tingimento da água, porém, em sua utilização se faz necessária à complementação com outro método.

Segundo Marchi *et al.* (2005) a emissão de chama tem como particularidade o fato de não causar distúrbios e nem deixar resíduos químicos no solo ou na água a ser tratada, portanto, esta técnica não causará eutrofização.

Na utilização de ceifadeiras e no processo biológico não se observa adição de nutrientes que provoquem a eutrofização do ambiente aquático. Porém, quando se analisa o método químico, a introdução de herbicida para a diminuição do fitoplâncton pode incrementar substâncias tóxicas que alteram o processo de eutrofização.

Nota-se, portanto, que o aparecimento de macrófitas seria ocasionado em maior grau pelo processo de eutrofização, ou seja, ambientes eutrofizados possuem maiores chances de infestações por macrófitas.

A **Temperatura** também é uma variável que tem influência no crescimento das macrófitas aquáticas por controlar a velocidade das reações químicas que ocorrem no vegetal (Kirk, 1994 apud BIUDES; CAMARGO, 2009). Segundo Camargo *et al.* (2002), temperaturas mais elevadas favorecem o desenvolvimento de várias espécies deste vegetal. A colonização de macrófitas não interfere na temperatura da água e sim, o ganho de biomassa pode ocorrer devido a alterações da temperatura atmosférica (SILVA, 2008).

No caso dos mecanismos físicos de poda manual e de remoção parcial, pode haver sobras de matéria orgânica morta e a fermentação desta matéria orgânica tende a aumentar a temperatura da água (SILVA, 2008). O mesmo ocorre quando se utiliza o rastelo.

Já na instalação das telas não há alteração da temperatura da água. Portanto, neste caso atribuiu-se o valor inicial considerando que o método foi utilizado após a infestação da macrófita.

Para o uso de cortadores mecânicos pode-se restar pedaços de vegetais no reservatório, o que pode alterar a temperatura da água.

Já para o mecanismo de alteração de nível de água não foram encontrados estudos que comprovem sua influência sobre a temperatura das águas, uma vez que a média entre a temperatura superficial e a de fundo se mantêm com poucas variações (BENNEMAN *et al.*, 1996).

Sobre a utilização de dragagem, do “rotovation” e de ceifadeiras mecânicas não é observada alteração na temperatura uma vez que os próprios equipamentos se encarregam de cortar e retirar as macrófitas daninhas do reservatório.

Como para o tingimento da água utilizam-se produtos de coloração escura para impedir a passagem de luz no reservatório, portanto, a temperatura da água poderá ser alterada.

Caso as macrófitas atingidas pelo método de aplicação da chama sejam totalmente retiradas do ambiente, não será observada alteração da temperatura do reservatório, uma vez que é um método específico.

O método biológico quando não se observa a espécie introduzida, pode alterar a temperatura, tornando o ambiente mais propício à fermentação da matéria orgânica morta.

Já a utilização do método químico exige trabalho em conjunto de outro mecanismo para a retirada da massa vegetal morta. Caso não ocorra a retirada dessa vegetação, haverá alteração da temperatura.

Portanto, a colonização de macrófitas não interfere na temperatura da água e sim, o ganho de biomassa tende a ocorrer devido a alterações da temperatura atmosférica ( SILVA, 2008).

Segundo Sperling (1996), devido à baixa velocidade de escoamento nos reservatórios, as partículas de solo tendem a sedimentar, causando o **assoreamento**, reduzindo o volume útil do corpo d’água e servindo de suporte para o crescimento de macrófitas fixas de maiores dimensões próximo às margens que causam a deterioração, primeiramente, no aspecto visual do ambiente.

Os reservatórios já tendem a possuir alta taxa de sedimentação, uma vez que são propícios aos processos de erosão intensa, já que suas margens, na maioria das vezes, não possuem vegetação (GUNKEL *et al.*, 2003). Caso na retirada desta vegetação não haja um destino correto, as macrófitas poderão beneficiar ainda mais o processo de assoreamento, aumentando o nível de água do reservatório e prejudicando os usos múltiplos da água.

Considerando o exposto acima, foi atribuído um valor inicial de 0,1 para o item uma vez que a colonização de macrófitas seria uma consequência do assoreamento e, a utilização de algum mecanismo de controle indica existência de macrófitas no ambiente.

No controle físico de poda manual a retirada das macrófitas pode não ocorrer de maneira total. Portanto, o acúmulo de matéria morta pode acarretar em aumento do material sedimentado, até que ocorra sua total degradação. Do mesmo modo, no controle físico parcial, grande parcela de vegetais continua no ambiente, favorecendo, além do rebrotamento, o acúmulo de material sedimentado (POMPÊO, 2009).

Para a utilização do rastelo, como há revolvimento do sedimento, pode haver acúmulo de material sedimentado e não sendo retirada toda a vegetação cortada pelo mecanismo, o assoreamento poderá aumentar.

No caso da utilização de telas em reservatórios rasos com luz até o fundo, as macrófitas podem colonizar a porção superior da tela, facilitando o assoreamento (POMPÊO, 2008).

Como a remoção da vegetação por cortadores mecânicos se dá de forma manual, podem restar vegetais mortos no reservatório possibilitando seu assoreamento.

A alteração do nível de água pode influenciar na desestruturação do sedimento e consequentemente alterar o assoreamento do reservatório (HIGUTI; TAKEDA, 2002). Com a alteração no nível de água do reservatório, o procedimento altera o padrão de estratificação e luminosidade do ecossistema, interferindo no equilíbrio de todas as comunidades habitantes do local (POMPÊO, 2009).

Na utilização de dragagem não é observado alteração do sedimento que cause assoreamento. Porém, há necessidade de uma área adequada para se depositar o material dragado. Caso isso não ocorra, poderá haver assoreamento. No caso da utilização do “rotovation”, poderá haver erosão da margem do reservatório, aumentando o processo de assoreamento.

O método de tingimento da água, por si só, não influencia no assoreamento, porém, como sua utilização impedirá o desenvolvimento vegetal e acarretará à morte dos vegetais habitantes do ecossistema (POMPÊO, 2009) se após sua utilização os vegetais não forem retirados do reservatório, ocorrerá assoreamento do terreno. O mesmo se observa na aplicação da chama.

Como as ceifadeiras são aconselháveis para reservatórios preferencialmente profundos, não haverá o revolvimento do sedimento (POMPÊO, 2009).

A utilização do mecanismo biológico não influenciará a qualidade da água do reservatório e nem influenciará no assoreamento uma vez que as espécies introduzidas utilizarão as macrófitas daninhas como fonte alimentar (POMPÊO, 2009).

Caso a utilização do método químico não seja feito em conjunto com outro mecanismo para a retirada da macrófita do reservatório, esta vegetação influenciará no processo de assoreamento.

A técnica de bioherbicidas por ser uma técnica recentemente introduzida e estudada para o controle de espécies daninhas, ainda necessita de mais estudos para comprovar sua especificidade e periodicidade nos bancos de macrófitas, uma vez que é uma técnica utilizada de forma similar às aplicações dos herbicidas convencionais (POMPÊO, 2009), portanto, para este estudo, esta técnica não foi considerada.

Segundo Pompêo (2009), deve-se ter uma preocupação quanto ao descarte desses vegetais, uma vez que inicialmente, eles são depositados às margens dos reservatórios, propiciando seu rebrotamento e recolonização. De acordo com Bianchini Jr.(1999) apud Pompêo (2009), a manutenção da massa vegetal triturada e morta além de potencializar o rebrotamento, ainda interfere na qualidade da água, na DBO e conseqüentemente nos seres aeróbicos habitantes.

#### 4.2.2. Aspecto Flora Aquática

O **método de poda manual** é considerado menos impactante para este aspecto uma vez que é específico. Porém, como as *plantas submersas fixas* e *submersas livres* prendem suas raízes a outras plantas, elas podem sofrer algum tipo de prejuízo caso se fixem em plantas daninhas que serão retiradas pelo método citado. O mesmo pode ser considerado no caso da existência de *plantas flutuantes fixas*, porém, como suas folhas são flutuantes, elas poderão ser visualizadas anteriormente ao uso do mecanismo de controle. Já para as *plantas emersas* o prejuízo poderá ser observado na retirada da macrófita. No caso das *plantas anfíbias* é importante considerar que as mesmas somente estarão em contato direto com a água do reservatório na época de inundação, o que justifica o valor inicial (0,2) considerado a alguns mecanismos de controle que poderão impedir seu crescimento normal, o que será favorável em se tratando de prejuízos aos usos múltiplos.

Diferentemente da poda e coleta manual, a **remoção parcial** não é seletiva, cortando qualquer vegetal enraizado, porém, como não são removidas as raízes, os fragmentos rebrotam e o vegetal se desenvolve novamente. Neste caso, plantas do tipo *flutuantes fixas*, *submersas fixas*, *submersas livres* e as *emersas* podem ser mais prejudicadas do que as plantas anfíbias e flutuantes livres, uma vez que estas últimas não possuem suas raízes afixadas em substratos, dificultando seu corte. Porém, pode-se considerar algum prejuízo na retirada do vegetal. Vale considerar também que plantas anfíbias só habitarão o ambiente aquático propriamente dito em época de inundação, portanto foi considerado o valor inicial especificado anteriormente.

Não sendo específico, o **rastelo** causa prejuízos às plantas com raízes fixas uma vez que entra em contato com o sedimento, revolvendo-o e retirando as raízes dos vegetais. Neste caso, as *plantas submersas* poderão sofrer maiores prejuízos uma vez que não são visíveis abaixo da lâmina de água. Para as plantas flutuantes livres também pode haver prejuízo na retirada da vegetação morta do ecossistema, porém o risco é reduzido.

O **uso de telas** é apropriado para impedir que vegetais enraizados recebam iluminação adequada e com isso, impede que cresçam de forma acelerada. Sendo assim, qualquer vegetal enraizado e principalmente submerso sofrerá prejuízos. No caso das *flutuantes fixas*, *flutuantes livres* e *emersas*, o prejuízo poderá ser menor, uma vez que poderão captar luminosidade nas partes superiores do vegetal. Porém, as *submersas fixas* serão impedidas de receberem luminosidade e seu prejuízo será maior. Já as *submersas livres* também sofrerão prejuízo já que suas raízes pouco desenvolvidas se prendem a caules de outros vegetais que também poderão ser prejudicados pela falta de luminosidade. As *anfíbias* não serão afetadas uma vez que sobrevivem

às margens dos reservatórios, porém deve se considerar o valor inicial já que podem deslocar-se para o ambiente aquático.

Por serem os **cortadores mecânicos** não específicos, cortando e removendo todo e qualquer vegetal do reservatório, as plantas *flutuantes fixas* e *submersas fixas* serão as que mais sofrerão prejuízos uma vez que as lâminas cortantes colocadas a uma determinada profundidade cortarão toda a vegetação presente. Nota-se prejuízo também quando se analisa a vegetação *submersa livre*, já que ela não é visível acima da coluna d'água. As *plantas emersas* poderão sofrer prejuízo menor, uma vez que será mais fácil sua identificação por possuir folhas que crescem acima da lâmina de água e no caso das *submersas livres*, suas raízes prendem-se a caules de outras plantas aquáticas, sendo também prejudicadas. As *flutuantes livres* serão menos afetadas uma vez que habitam acima da lâmina de água, correndo o risco apenas de serem removidas juntamente com a vegetação morta que foi cortada pelas lâminas que se movimentaram abaixo delas. Já as *plantas anfíbias* poderão ser prejudicadas caso estejam habitando o ambiente aquático.

De uma maneira geral, o aumento do **nível da água** atingirá mais as plantas submersas devido ao bloqueio na passagem de luz. Se o nível de água for diminuído, as plantas emersas serão as mais atingidas, uma vez que a cota da lâmina de água reduzirá a margem de colonização das plantas emersas. As plantas *submersas fixas* serão atingidas tanto pela diminuição quanto pelo aumento do nível da água, já que o maior nível de água poderá permanecer acima do vegetal e sua diminuição provocará exposição do vegetal à luz direta do sol. As *plantas anfíbias* sobrevivem bem tanto em época de inundação como na seca. Já as *plantas submersas livres* como se prendem a caules de outros vegetais, elas poderão ser afetadas pela diminuição do nível da água, ficando expostas ao sol. As *plantas flutuantes livres* não sofrerão prejuízos uma vez que não estão presas a substratos, vivendo livres no ambiente aquático.

Com a utilização da **dragagem** é possível remover apenas a espécie daninha, deixando as demais intactas no ambiente. Porém, o revolvimento do sedimento poderá liberar substâncias e/ou nutrientes tóxicos à coluna d'água, o que justifica o valor inicial de 0,2 para todos os tipos de plantas neste caso. Além disso, o revolvimento do sedimento poderá prejudicar a fixação das raízes, aumentando o prejuízo para as plantas submersas fixas, flutuantes fixas e emersas.

O **“rotovation”** remove toda a vegetação enraizada, o que justifica um valor inicial (0,3) a todos os tipos de plantas aquáticas. Além disso, ainda levanta o sedimento tornando a água turva temporariamente e com a presença de substâncias tóxicas à coluna d'água. Novamente, as *plantas com raízes fixas* serão mais prejudicadas em todos os sentidos. Já as *plantas livres*

poderão ser prejudicadas com a presença de substâncias que impedirão ou delimitarão seu crescimento.

O **tingimento da água** impedirá a penetração de luz e com isso prejudicará principalmente, as *plantas submersas fixas* e *submersas livres*.

Como o **método de aplicação da chama** necessita de contato direto com a planta daninha, não se observam prejuízos aos demais vegetais habitantes do ecossistema, desde que a vegetação morta seja totalmente retirada do ecossistema, evitando alteração da DBO da água. Portanto, neste caso, utilizou-se um valor genérico de 0,2 caso não seja realizado o procedimento de retirada da matéria orgânica morta. Para os vegetais *flutuantes livres* existe ainda o risco de sua eliminação juntamente com a massa morta.

Não existem relatos de que as **ceifadeiras mecânicas** sejam específicas, muito pelo contrário, relatos informam que este mecanismo retira até mesmo pequenos animais do ecossistema. Portanto, para esta análise, as *plantas flutuantes livres* e *anfíbias* sofrem menor prejuízo uma vez que, as flutuantes livres podem se movimentar juntamente com a água se distanciando da máquina e as anfíbias, por habitarem as margens.

A **espécie exótica** pode comprometer o desenvolvimento de outras espécies vegetais tanto pela competição quanto pela disponibilidade de luz e nutrientes na água. Porém, se observada a espécie introduzida, este risco se torna quase nulo, já que não haverá competição dentro do ecossistema. Para este caso, também foi utilizado um valor inicial de 0,3. As *anfíbias* sofrerão menos por habitarem mais as margens dos reservatórios.

Em locais onde é aplicado o **controle químico**, a deriva de herbicidas tem sido relatada com frequência. A análise de alguns dos fatores, como por exemplo, facilidade de transferência de planta-alvo para planta não-alvo e a intoxicação da própria cultura que estaria defendendo, deixa bastante claro o efeito residual de produtos químicos no solo, no ar, na água, os riscos à vida silvestre e seu acúmulo na cadeia alimentar. Portanto, é importante saber selecionar quais parâmetros são mais influenciados para se estimar os possíveis efeitos da utilização de um produto no ecossistema (GUIMARÃES, 1987).

### 4.2.3. Aspecto Fauna Aquática

Como a maior parte da matéria orgânica em decomposição encontra-se sedimentada e a concentração de oxigênio é reduzida, a decomposição dessa matéria orgânica é realizada pelo processo anaeróbico. Esse processo, ocorrendo em grande quantidade, torna o ambiente inviável para a sobrevivência da fauna aquática, uma vez que gera acidez e gases tóxicos, como metano e gás sulfídrico (CETESB, 2006). Diante disso, para os métodos que necessitam que a matéria morta seja retirada posteriormente foi utilizado um valor genérico inicial (0,3) para todos os seres constituintes da fauna aquática.

O **método de poda e coleta manual** é considerado um mecanismo específico e por este motivo retiram do ecossistema somente as plantas consideradas daninhas, porém, deve-se considerar que *seres planctônicos* podem ser mais afetados do que *seres nectônicos* que possuem mobilidade própria e *seres bentônicos* por viverem fixos no sedimento.

Como na **remoção parcial** são apenas cortados os vegetais sem a remoção de suas raízes, *seres bentônicos* não serão prejudicados. Porém, pode ser considerado prejuízo aos *seres planctônicos* uma vez que vivem na superfície do ecossistema e, pequena parcela de prejuízo aos *seres nectônicos* devido a sua mobilidade própria que facilita seu escape.

Não sendo específico, o **rastelo** causa prejuízos aos *seres bentônicos* uma vez que entra em contato com o sedimento, revolvendo-o e retirando as raízes dos vegetais. Para os *seres planctônicos* também pode haver prejuízo na retirada da vegetação morta do ecossistema. Já para os *seres nectônicos*, a probabilidade de ocorrência de algum tipo de prejuízo é reduzida. Porém, considerando que parte da matéria morta poderá permanecer no ecossistema, todos os seres serão prejudicados.

A desvantagem do **uso de telas** nos reservatórios é a redução da área habitável aos *seres bentônicos* e aos demais seres que utilizam o habitat para a desova e proteção. Portanto, os *seres planctônicos* poderão ser afetados pela retirada desta matéria morta, pois poderão ser eliminados juntamente com ela. Os *seres nectônicos* poderão correr risco de ficarem presos às telas. E todos os seres serão prejudicados pela alteração da DBO devido a não retirada da matéria orgânica morta.

Na utilização de **cortadores mecânicos** nota-se que os *seres bentônicos* podem ser prejudicados uma vez que a técnica tende a revolver o sedimento. Para os *seres nectônicos* e *planctônicos* pode ser considerado algum prejuízo caso as lâminas cortantes entrem em contato com eles. Porém, como a coleta da vegetação cortada é feita de forma manual, além dos seres

planctônicos serem afetados, uma vez que podem ser retirados do ambiente juntamente com a vegetação, a matéria morta que permanecer poderá alterar toda a comunidade.

A **alteração do nível de água** altera o padrão de estratificação e luminosidade do ecossistema, interferindo no equilíbrio de todas as comunidades habitantes do local (POMPÊO, 2009), uma vez que a desestabilização do sistema acarretará no aumento do carreamento dos organismos habitantes do ecossistema, principalmente dos *seres nectônicos* e *planctônicos* (BISPO *et al.*, 2001). Considerando que a alteração do padrão de estratificação prejudique os vegetais que necessitam de mais luz para produzirem oxigênio, que por sua vez, será utilizado também por toda a fauna, ocorrerá um prejuízo geral no ecossistema.

Na **dragagem** há sucção do sedimento para a retirada das raízes, por isso, os *seres bentônicos* podem ser prejudicados. Pode-se notar pequeno prejuízo aos *seres nectônicos* com relação à sucção. O revolvimento do sedimento também pode liberar nutrientes e ou substâncias tóxicas comprometedoras para a coluna de água do ecossistema, prejudicando toda a comunidade habitante do ecossistema. Neste aspecto, os *seres planctônicos* também podem ser afetados.

O **“rotovation”** é um método que ataca principalmente a *fauna bentônica*, uma vez que o revolvimento do sedimento causa turbidez na água, o levantamento de nutrientes e/ou substâncias que comprometem também os demais seres habitantes do ecossistema.

O **tingimento da água** se mostra prejudicial primeiramente aos *seres bentônicos* uma vez que impede a penetração de luz no ecossistema e isso acarreta a menor disponibilidade de oxigênio produzido pelos vegetais. Esse fator também afetará os seres nectônicos e planctônicos, porém, os *nectônicos* possuem mobilidade própria que facilita sua subida até a superfície para a aquisição de oxigênio. Já os *planctônicos*, por viverem na superfície possuem maior disponibilidade de oxigênio.

Como o **método de aplicação da chama** necessita de contato direto com a planta daninha, não se observa prejuízos aos seres *bentônicos* e *nectônicos*, desde que a vegetação morta seja totalmente retirada do ecossistema, evitando alteração da DBO da água. Para os seres *planctônicos* existe o risco de sua eliminação juntamente com a massa morta.

As **ceifadeiras mecânicas** podem revolver o sedimento caso sejam utilizadas em reservatórios de pequena profundidade, afetando assim a *fauna bentônica*. Porém, em qualquer local em que sejam utilizadas as ceifadeiras, pode haver remoção de outros seres como pequenos peixes, invertebrados e até mesmo anfíbios e tartarugas marinhas (POMPÊO, 2009). Os *seres planctônicos* também podem ser removidos por este método.

Na análise do **mecanismo biológico**, quando não se faz uma observação criteriosa para a introdução de espécies exóticas podem ocorrer mudanças na estrutura da comunidade de peixes

nativos, alterações no habitat, competição e a introdução de agentes patogênicos e, por consequência, o aparecimento de doenças (SPONCHIADO, 2008). Para essa análise, portanto, foi utilizado um valor inicial de 0,3 de acordo com o mencionado, uma vez que, se observada a introdução, o método se mostra como um dos mais eficientes para a retirada de macrófitas do ecossistema.

Já na análise do **mecanismo químico**, segundo Kingman (1993), a água é um dos mais importantes elementos para a sobrevivência dos organismos. Se ela estiver poluída ou contaminada por herbicidas, certamente os demais seres vivos e não vivos do ecossistema também estão ou ficarão contaminados. Diante disso, o método químico pode ser considerado o mais prejudicial a todos os seres constituintes da fauna aquática, uma vez que herbicidas são produtos tóxicos e que deixam resíduos poluentes no solo, ar e água e ainda não se tem comprovações de que o mecanismo não seja ofensivo ao ecossistema em geral, até mesmo a seus aplicadores. Por isso, foram atribuídos valores iguais a bentônicos, nectônicos e planctônicos.

## 5. Resultados e Discussão

Sabe-se que os métodos de previsão de impacto ambiental não podem, isoladamente, avaliar de forma completa o impacto de um projeto, uma vez que visam analisar condições futuras de determinados aspectos ambientais (BARBOSA, 2004). Para um estudo de impacto ambiental, deve-se executar uma série de atividades, uma vez que um único método pode não contemplar todas as atividades mencionadas no estudo de impacto ambiental.

Um dos grandes desafios para a contenção de plantas daninhas se faz juntamente no sentido de prever sua ocorrência, suas causas e a possível dimensão com a qual atacam o ambiente aquático. Além disso, o sucesso na utilização de mecanismos de controle também se mostra como ferramenta desafiadora no processo de contenção dessa vegetação.

Considerando os pesos atribuídos aos prejuízos ocasionados pela utilização dos diversos tipos de mecanismos de controle de macrófitas de acordo com cada aspecto e item selecionados, segundo as bibliografias consultadas, foi criada a matriz de interação para o aspecto água, de acordo com o quadro 7.

Quadro 7 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao aspecto Água.

ÁGUA	Fator (F)	Itens	peso (p)	N (Ref.)	ICR (Ref.)	Poda Manual		Remoção Parcial		Rastelo		Uso de Telas		Cortadores Mecânicos		Alteração do Nível de Água		Dragagem		Rotovation		Tingimento		Aplicação da Chama		Ceifadeiras Mecânicas		Biológico		Químico	
						N1	ICR 1	N2	ICR 2	N3	ICR 3	N4	ICR 4	N5	ICR 5	N6	ICR 6	N7	ICR 7	N8	ICR 8	N9	ICR 9	N10	ICR 10	N11	ICR 11	N12	ICR 12	N13	ICR 13
						50	Turbidez	0,4	3	60	0,7	14	0,2	4	1,5	30	2	40	1,3	26	1,1	22	2,5	50	2,8	56	2,5	50	0,2	4	0,3
	DBO	0,2	2	20	0,8	8	1,5	15	1,5	15	0,8	8	1,5	15	0,9	9	1,4	14	1,4	14	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,2	2	1,5	15	
	Eutrofização	0,1	1	5	0,5	2,5	0,2	1	0,7	3,5	0,2	1	0,7	3,5	0,2	1	1,1	5,5	2,2	11	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,8	4	
	Temperatura	0,15	1	7,5	0,3	2,25	0,3	2,25	0,3	2,25	0,2	1,5	0,3	2,25	0	0	0	0	0,1	0,75	0,4	3	0,2	1,5	0,1	0,75	0,1	0,75	0,4	3	
	Assoreamento	0,15	1	7,5	1	7,5	1,5	11,3	1,5	11,3	0,7	5,25	0,5	3,75	1	7,5	0,3	2,3	1,5	11,25	0,5	3,75	0,5	3,75	0	0	0,1	0,75	0,2	1,5	
	TOTAL	1	8	100	3,3	34,25	3,7	33,5	5,5	62	3,9	55,8	4,3	50,5	3,2	39,5	5,3	72	8	93	3,9	60,8	1,4	13,25	0,9	10,8	0,8	8,5	4,2	49,5	

Para facilitar a análise dos resultados obtidos nas matrizes de interação, foram criados gráficos individuais onde se comprovou qual mecanismo de controle foi mais impactante e também qual o mecanismo se mostrou como o mais viável dentro de cada aspecto selecionado.

Sabendo-se que o  $ICR_{(ref.)}$  obtido para o aspecto água tem valor de 100, o método mais próximo deste valor será o mais impactante para este aspecto. O método com menor valor de ICR será considerado o menos impactante. Portanto, partindo da matriz de interação criada para o aspecto água, pode-se chegar ao gráfico representado pela figura 10.

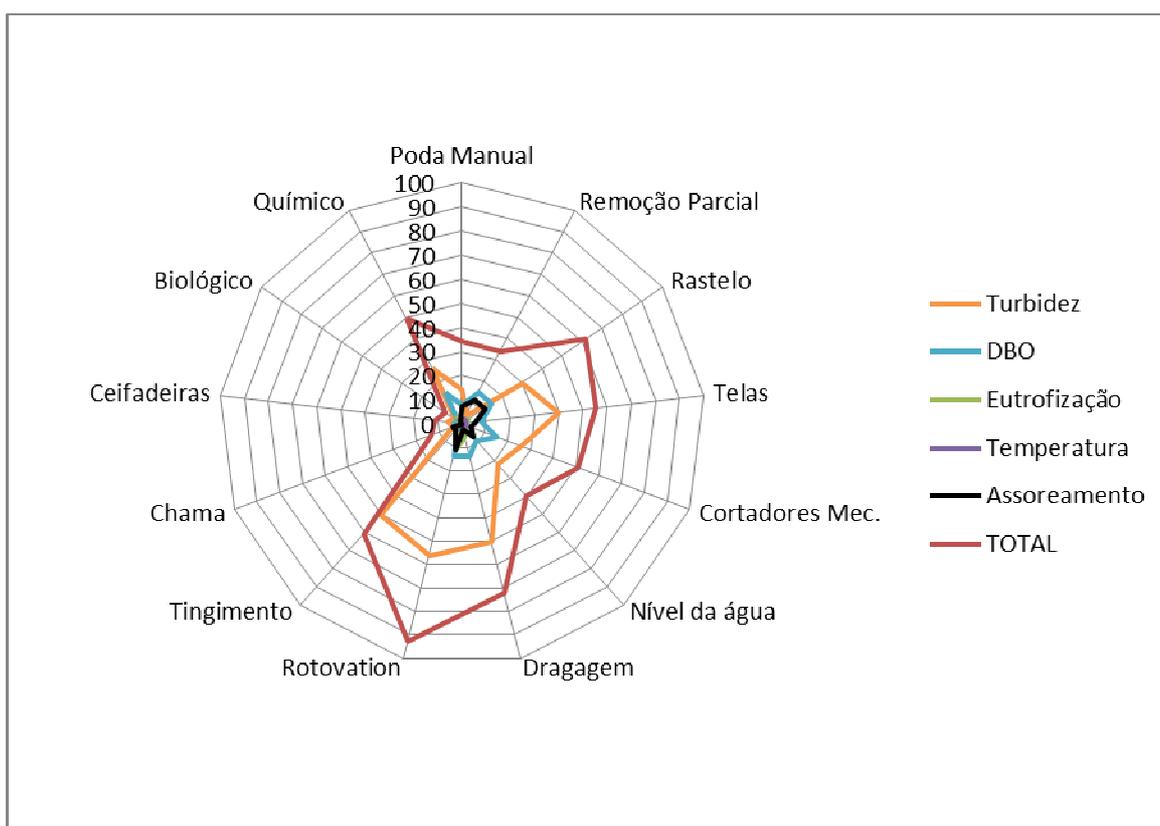


Figura 10 – Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Água.

O mecanismo de controle com maior valor de ICR (93) é o *rotovation*. Portanto, foi considerado o mais impactante para o aspecto água, uma vez que suas lâminas giratórias revolvem o sedimento levantando grande quantidade de nutrientes e substâncias tóxicas que podem causar prejuízos aos demais seres do ecossistema, além de retirar toda a vegetação enraizada sem seleção do vegetal-problema. Além disso, é mais desvantajoso devido ao elevado custo financeiro e necessidade de manutenção constante (POMPÊO, 2009).

Obtendo o menor valor de ICR (8,5), o mecanismo *biológico* se mostrou como o mais viável. Comparando-se com outros métodos de controle é considerada uma técnica barata.

Dependendo da área de colonização, o controle no crescimento desta vegetação pode ser lento, porém, de longa duração. Como única desvantagem desta técnica é sua criteriosa observação quanto à espécie exótica que será introduzida no ecossistema, evitando competições com as espécies nativas, alteração no ecossistema etc. (Bairagi *et al.*, 2002; Saha *et al.*, 2006 apud SPONCHIADO, 2008).

Para tanto, nota-se que as *ceifadeiras mecânicas* representam a segunda opção mais viável para o mesmo aspecto. A máquina funciona como um sistema de esteiras onde a mesma máquina corta e retira a vegetação do reservatório. Apesar de ser um mecanismo vantajoso no sentido de diminuir o tempo de trabalho, as ceifadeiras possuem como desvantagem sua constante manutenção e limpeza, acarretando em elevado custo, além de não ser seletiva, podendo retirar do ecossistema também até pequenos peixes. Além disso, seu emprego é aconselhável para lagos com grande área colonizável e preferencialmente profundo para evitar o revolvimento do sedimento (POMPÊO, 2009).

Os métodos de poda manual e remoção parcial também são vantajosos, porém, são aconselháveis para pequenos lagos infestados. Os métodos físicos ou mecânicos possuem vantagens uma vez que para sua aplicação não são utilizados produtos químicos ou organismos nocivos que permanecem no ecossistema após sua aplicação (THOMAZ, 2002).

Como método cujos impactos mostraram-se como intermediários tem-se a *alteração de nível da água*. De acordo com Thomaz (2002) este pode ser considerado o único mecanismo com potencial para ser utilizado em grande escala nos reservatórios, já que permitem interferência de mecanismos em seu aspecto. Os demais métodos se equivalem não se mostrando como mais ou menos impactantes ou viáveis quando analisados no aspecto água.

Em relação ao aspecto flora aquática, foi criada a matriz de interação de acordo com os itens analisados, obtendo-se o quadro 8.

Quadro 8 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao Aspecto Flora Aquática.

FLORA AQUÁTICA	Fator (F)	Itens	peso (p)	N (Ref.)	ICR (Ref.)	Poda Manual		Remoção Parcial		Rastelo		Uso de Telas		Cortadores Mecânicos		Alteração do Nível de Água		Dragagem		Rotovation		Tingimento		Aplicação da Chama		Ceifadeiras Mecânicas		Biológico		Químico	
						N1	ICR 1	N2	ICR 2	N3	ICR 3	N4	ICR 4	N5	ICR 5	N6	ICR 6	N7	ICR 7	N8	ICR 8	N9	ICR 9	N10	ICR 10	N11	ICR 11	N12	ICR 12	N13	ICR 13
						20	Flutuantes Fixas	0,3	2,5	22,5	1,3	11,7	1,5	13,5	2,0	18,0	0,7	6,3	1,5	13,5	2,0	18,0	0,5	4,5	2,5	22,5	0,0	0,0	0,2	1,8	0,5
	Flutuantes Livres	0,3	1,0	9,0	0,7	6,3	0,3	2,7	0,2	1,8	0,1	0,9	0,3	2,7	0,0	0,0	0,2	1,8	1,0	9,0	0,0	0,0	0,3	2,7	0,2	1,8	0,3	2,7	4,0	36,0	
	Submersas Fixas	0,1	3,0	9,0	1,5	4,5	2,0	6,0	2,5	7,5	1,5	4,5	1,5	4,5	2,5	7,5	0,5	1,5	2,5	7,5	1,5	4,5	0,2	0,6	0,5	1,5	0,3	0,9	4,0	12,0	
	Submersas Livres	0,1	1,5	4,5	1,5	4,5	1,7	5,1	0,7	2,1	1,0	3,0	1,0	3,0	0,5	1,5	0,2	0,6	1,3	3,9	1,5	4,5	0,2	0,6	0,5	1,5	0,3	0,9	4,0	12,0	
	Anfíbias	0,1	0,5	1,5	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,0	0,0	0,2	0,6	0,3	0,9	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	1,0	3,0	
	Emersas	0,1	1,5	4,5	1,2	3,6	1,5	4,5	2,0	6,0	0,7	2,1	0,5	1,5	0,3	0,9	0,5	1,5	2,5	7,5	0,2	0,5	0,2	0,6	0,5	1,5	0,3	0,9	4,0	12,0	
	<b>TOTAL</b>	<b>1,0</b>	<b>10,0</b>	<b>51,0</b>	<b>6,4</b>	<b>31,2</b>	<b>7,2</b>	<b>32,4</b>	<b>7,6</b>	<b>36,0</b>	<b>4,2</b>	<b>17,4</b>	<b>5,0</b>	<b>25,8</b>	<b>5,3</b>	<b>27,9</b>	<b>2,1</b>	<b>10,5</b>	<b>10,1</b>	<b>51,3</b>	<b>3,4</b>	<b>10,1</b>	<b>1,3</b>	<b>6,9</b>	<b>2,4</b>	<b>11,4</b>	<b>1,7</b>	<b>8,7</b>	<b>21,0</b>	<b>111,0</b>	

Sendo o  $ICR_{(ref.)}$  para o aspecto flora aquática igual a 51, o mecanismo de controle que mais se aproximar deste valor será considerado o mais impactante e o mecanismo com menor valor de ICR será o mais viável. Portanto, partindo da matriz de interação criada para o aspecto flora aquática, pode-se chegar ao gráfico representado pela figura 11.

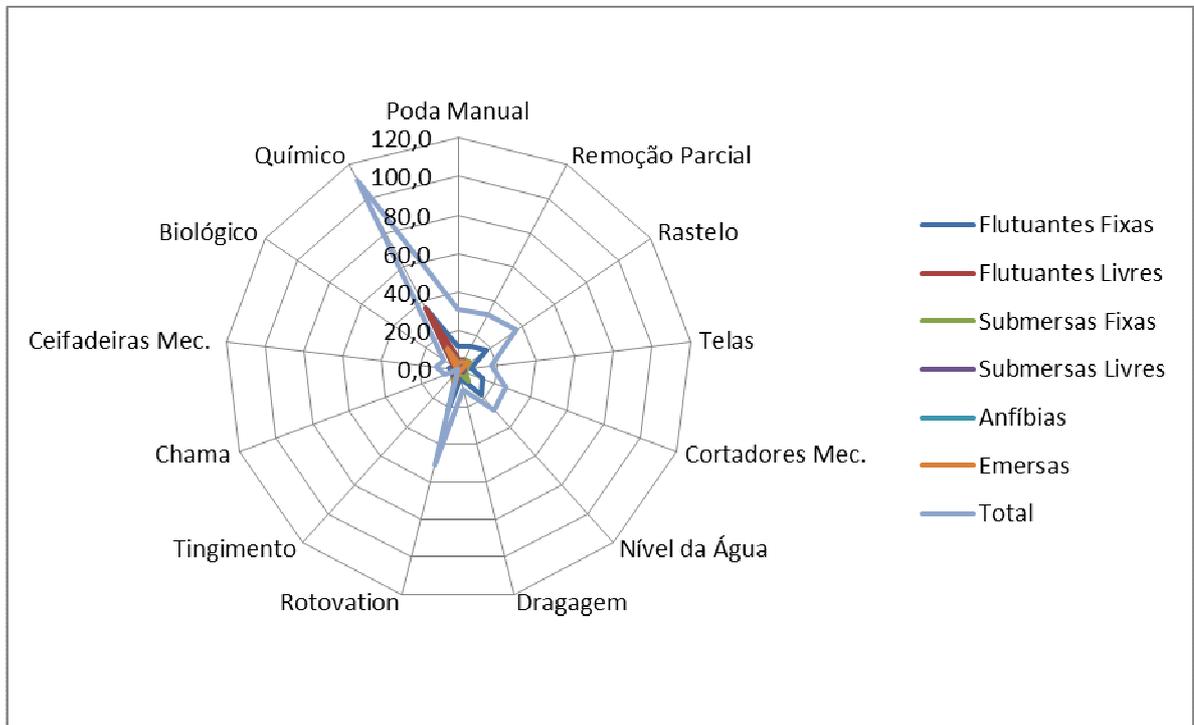


Figura 11 - Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Flora Aquática.

O gráfico (figura 11) mostra que o método mais impactante e menos viável é o *químico*, possuindo ICR com valor duas vezes maior do que o  $ICR_{(ref.)}$  para o aspecto flora aquática. Um dos problemas causados pelo uso de herbicidas é sua não seletividade, causando problemas nas demais espécies do ecossistema em questão (NEGRISOLI, 2004; GUIMARÃES, 2003). A utilização de herbicidas lança resíduos na água, solo e demais matrizes, sendo ainda um método muito contestado. De acordo com estudos, os herbicidas necessitam ser testados uma vez que existe uma especificidade para o controle de determinada espécie (POMPÊO, 2009). O glifosato, apesar de ser conhecido por sua grande potência em controlar a maioria das plantas invasoras mais agressivas, tem facilidade de se transferir de plantas-alvo para plantas não-alvo causando até mesmo sua morte (Tuffi Santos *et al.*, 2008 apud TUFFI SANTOS, L.D *et al.*, 2008).

Pode-se verificar que o método de *aplicação da chama*, obteve o menor ICR da análise. Por necessitar de contato direto com a planta daninha, não se observam prejuízos aos demais vegetais habitantes do ecossistema, portanto este mecanismo de controle se mostra como o mais viável para o aspecto flora aquática. Isso é verdade, desde que outro método seja aplicado

conjuntamente com sua ação para a retirada da vegetação morta. Uma vez que a aplicação da chama somente mata a macrófita problema, mas não a retira do reservatório. Segundo Marchi *et al.* (2005) mesmo que a técnica não se mostre efetiva, pode representar uma alternativa viável no manejo de macrófitas aquáticas emersas.

A introdução de espécie exótica, representada pelo *método biológico* se mostrou similar a aplicação da chama, sendo considerado viável e eficiente na análise do mesmo aspecto, possuindo ICR de valor igual a 8,7. Os demais mecanismos de controle foram equivalentes, não sendo destacados como mais ou menos impactantes no aspecto flora aquática.

Em relação ao aspecto fauna aquática, foi criada a matriz de interação de acordo com os itens analisados, obtendo-se o quadro 9.

Quadro 9 - Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas com relação ao Aspecto Fauna Aquática.

FAUNA AQUÁTICA	Fator (F)	Itens	peso (p)	N (Ref.)	ICR (Ref.)	Físico (Poda Manual)		Remoção Parcial		Rastelo		Uso de Telas		Cortadores Mecânicos		Alteração do Nível de Água		Dragagem		Rotovation		Tingimento		Aplicação da Chama		Ceifadeiras Mecânicas		Biológico		Químico	
						N1	ICR 1	N2	ICR 2	N3	ICR 3	N4	ICR 4	N5	ICR 5	N6	ICR 6	N7	ICR 7	N8	ICR 8	N9	ICR 9	N10	ICR 10	N11	ICR 11	N12	ICR 12	N13	ICR 13
						30	Bentônicos	0,5	5	50	0,3	3	0	0	2,2	22	1,5	15	2,5	25	1,5	15	3	30	3,5	35	2,5	25	0,3	3	0,3
	Nectônicos	0,2	2	8,4	0,5	2,1	1	2,1	0,5	2,1	0,8	3,36	1,2	5,04	2	8,4	2	6,3	0,5	2,1	1	4,2	0,3	1,26	2,5	10,5	0,5	1,26	4	16,8	
	Planctônicos	0,3	3,5	21,7	1,5	9,3	2	9,3	1,5	9,3	1	6,2	2	12,4	2	12	2	9,3	0,5	3,1	0,5	3,1	0,5	3,1	1,7	10,5	0,3	1,86	4	24,8	
	TOTAL	1	10,5	80,1	2,3	14,4	2	11,4	4,2	33,4	3,3	24,6	5,7	42,4	5,5	36	6	45,6	4,5	40,2	4,0	32,3	1,1	7,36	4,5	24	1,1	6,12	12	81,6	

Sendo o  $ICR_{(ref.)}$  para o aspecto fauna aquática igual a 80,1, o mecanismo de controle que mais se aproximar deste valor, será considerado o mais impactante e menor viável, em contrapartida, o mecanismo de controle que mais se afastar deste valor, será o mais viável para a análise. Portanto, partindo da matriz de interação criada para o aspecto fauna aquática, pode-se chegar ao gráfico representado pela figura 12.

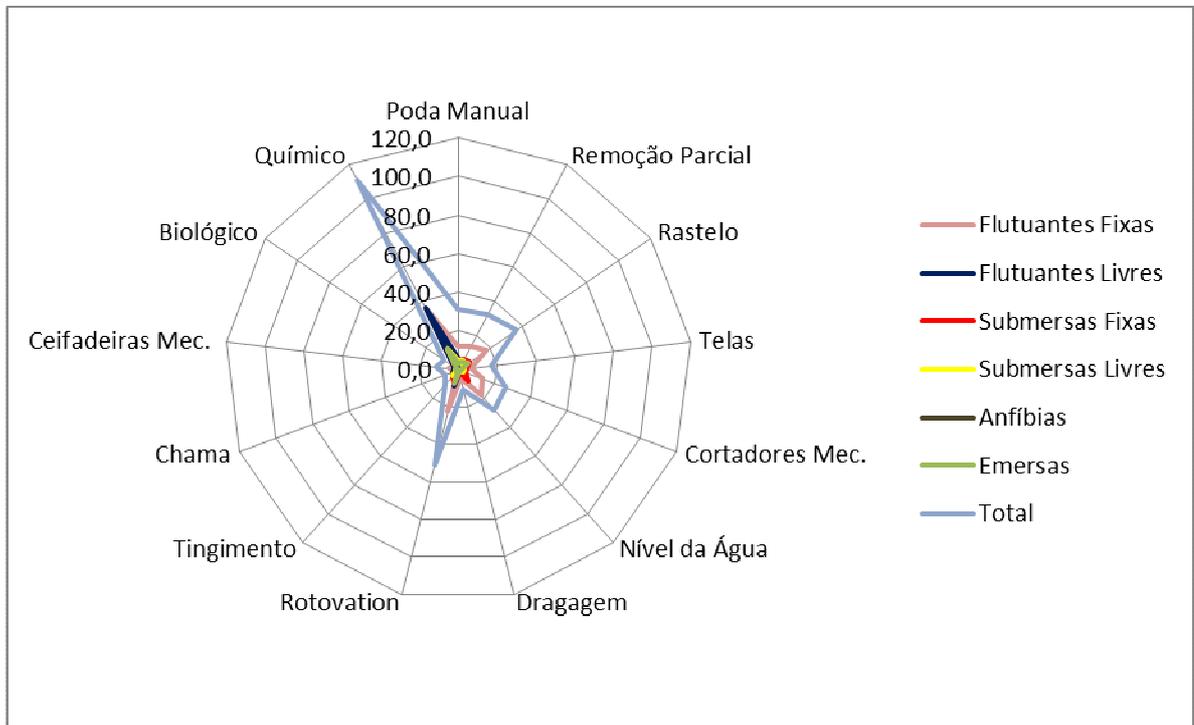


Figura 12 - Representação da Matriz de Interação de Indicadores de Desempenho na Utilização dos Mecanismos de Controle de Macrófitas para o aspecto Fauna Aquática.

Para o aspecto fauna aquática (figura 12), o método *químico* foi novamente o mecanismo mais impactante, sendo um de seus problemas sua não seletividade, o que causa problemas às demais espécies do ecossistema (NEGRISOLI, 2004; GUIMARÃES, 2003). Segundo Soares *et al.* (2008), a eficácia de um herbicida depende de vários fatores como a dose aplicada, suas características físico-químicas e também da água, a biologia da espécie a ser controlada, as técnicas de aplicação, a situação do ambiente no momento e após sua aplicação. Se um ou mais fatores não satisfazem a expectativa, sua eficiência pode ficar comprometida. Em estudos verificaram-se efeitos crônicos de diferentes herbicidas em invertebrados, mutações genéticas em espécies de tilápias, como hiperplasia, aneurisma nas brânquias, dilatação dos rins (JIRAUNGKOOSKUL *et al.*, 2002; HENARES *et al.*, 2008), redução do nível de glicogênio no fígado e no músculo (AGUIAR *et al.*, 2004, HENARES *et al.*, 2008), o que pode provocar a morte dos peixes, uma vez que o fígado realiza importantes ações no organismo e mudanças no comportamento de outros peixes (MELLO, 2008). Além disso, ainda não foi comprovado que a

exposição a longo prazo por alguns herbicidas não prejudique a saúde humana e seja totalmente inofensiva ao ambiente (THOMAZ, 2002).

O método *biológico* foi o mecanismo de controle mais vantajoso, apresentando ICR igual a 6,12. Por alimentar-se de vegetação aquática submersa, a carpa capim é uma espécie que vem se destacando em sua eficiência no controle do crescimento acelerado de macrófitas aquáticas e de algas filamentosas em várias regiões do mundo (SPONCHIADO, 2008). Outras duas alternativas viáveis para o aspecto fauna seriam a *remoção parcial* e a *poda manual*. Ambas devem ser utilizadas em pequenos reservatórios, devido aos instrumentos utilizados para o controle da vegetação. No caso da remoção parcial, o problema é solucionado até que haja rebrotamento dos fragmentos dos vegetais cortados. No caso da poda manual, o método se torna vantajoso uma vez que é um procedimento específico, impactando o mínimo possível o ecossistema, removendo do mesmo unicamente as espécies consideradas daninhas (POMPÊO, 2009). Os demais mecanismos de controle foram equivalentes, não sendo destacados como mais ou menos impactantes para o aspecto fauna aquática.

Para análise dos resultados gerais interpolou-se as matrizes já criadas para os três aspectos e chegou-se ao seguinte gráfico (figura 13):

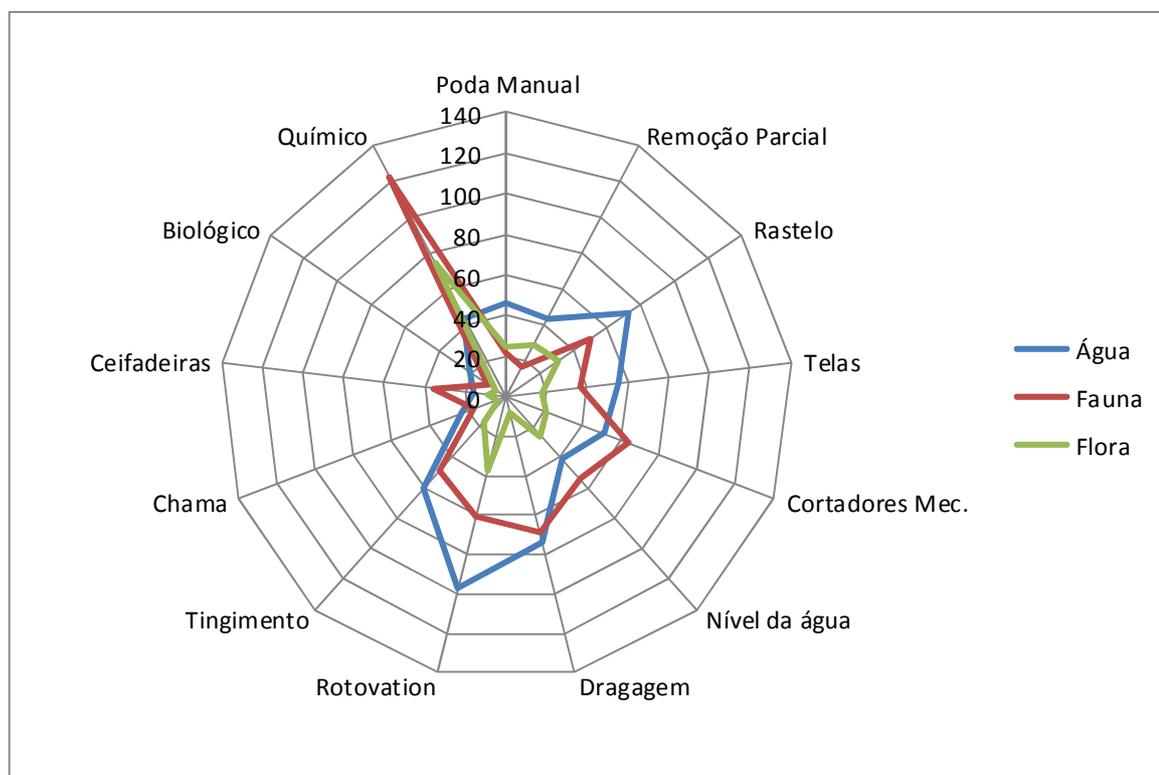


Figura 13 - Interpolação de Matrizes Analisadas (Água, Fauna e Flora).

Conclui-se que o *método químico* foi o mais impactante na verificação dos aspectos fauna e flora aquáticas (Figura 13). Porém, deve-se considerar que, a médio e longo prazo, este método

pode ser prejudicial também ao aspecto água, uma vez que a utilização de herbicidas deixa resíduos no ambiente aquático. Vale lembrar que este método é controverso devido a não se ter nenhum estudo que comprove que sua exposição a longo prazo seja inofensiva aos seres vivos (POMPÊO, 2009). O contato com herbicidas à base de glifosato, por exemplo, em aplicações dirigidas pode afetar a própria cultura causando intoxicação, queda no crescimento e até mesmo a morte dos vegetais (Tuffi Santos *et al.*, 2007 apud TUFFI SANTOS *et al.*, 2008). Em estudos de Tuffi Santos *et al.* (2008), plantas expostas a diferentes formulações de glifosato apresentaram cloroses e necroses na porção próxima ao pecíolo e no ápice da folha a partir do quarto dia de exposição ao herbicida. E, apesar de algumas se apresentarem como visualmente saudáveis, o herbicida alterou a estrutura das nervuras, rompeu a parede externa da epiderme, ocorrendo a plasmólise de quase todos os tecidos mais internos, permanecendo apenas o xilema intacto.

Além disso, a utilização de herbicidas requer cuidados devido à diversidade de organismos habitantes do ambiente aquático e ainda são necessários mais estudos que comprovem sua clara eficiência no ambiente. Seu emprego excessivo também pode causar resistência por parte das plantas daninhas, sendo necessárias doses cada vez maiores do produto e redução do período de aplicações com consequente comprometimento dos usos múltiplos dos reservatórios, portanto, o método químico de controle não é considerado adequado para locais de captação de água para abastecimento público (MARTINS, 1998; POMPÊO, 2009).

Para os defensores deste mecanismo de controle, o método químico promove resultado rápido, de baixo investimento e é específico (MELLO, 2008). Porém, nota-se que os mesmos herbicidas que foram muito eficientes para o controle de uma determinada espécie não tiveram atuação efetiva no controle de outras espécies de macrófitas aquáticas estudadas (COSTA *et al.*, 2005b). Portanto, apesar da comprovada eficiência no controle das macrófitas aquáticas, aparentemente o método químico para esse controle tem sido substituído por outras técnicas de manejo menos impactantes (THOMAZ e BINI, 1998; POMPÊO, 2009). Para Pompêo (2009), o método químico deve ser a última opção para o controle de macrófitas devido a tantas incertezas acerca de sua especificidade e potencial de causar danos ambientais.

O segundo mecanismo mais impactante para os aspectos analisados foi o *rotovation*, principalmente nos aspectos água e fauna aquática, uma vez que a máquina revolve todo o sedimento, alterando a turbidez da água. Além de que, pode causar erosão às margens do reservatório, aumentando assim, o processo de assoreamento e causando prejuízos ainda maiores aos seres bentônicos (POMPÊO, 2009).

Do gráfico (figura 13), o método de controle menos impactante, em todos os aspectos analisados, foi o *biológico*. Isto é verdade, desde que seja observada criteriosamente a introdução

da espécie exótica, evitando assim, competição entre os seres habitantes do ecossistema. Do ponto de vista ambiental, o controle biológico é um método convencional e o mais recomendável uma vez que para o controle de macrófitas utilizam-se animais herbívoros como peixes e mamíferos que ainda podem ser utilizados posteriormente pelo homem (MELLO, 2008). A facilidade no controle de macrófitas pela introdução de carpa capim se dá pelo fato de, além de sua alimentação ser variada, ela possui como alimento preferido 20 espécies de macrófitas identificadas por Sutton e Vandiver (2006) apud SPONCHIADO (2008).

Entre todos os métodos analisados, o que apresentou impactos intermediários, foi o método de *aplicação da chama*. Isto ocorre devido ao fato que a chama necessita contato direto com a planta-problema, não interferindo nas demais espécies habitantes do ecossistema. Vale ressaltar que o método deve ser utilizado em conjunto com outro mecanismo para a retirada da vegetação morta, evitando-se assim, problemas no ecossistema analisado.

Quanto aos demais métodos de controle analisados: *dragagem; cortadores mecânicos, telas, rastelo, remoção parcial, poda manual, ceifadeiras e tingimento*, os impactos na flora, fauna e água se equivalem, e nenhum deles foi mais ou menos impactantes que os demais.

## 6. Conclusões e Recomendações

Cada tipo de mecanismo de controle possui vantagens e desvantagens, mais ou menos impactantes, que devem ser avaliadas no processo de controle das espécies daninhas, evitando prejuízos diversos no ecossistema. A escolha pela utilização dos mecanismos de controle deve respeitar o tipo de reservatório e suas características próprias, pois nem sempre um mesmo mecanismo se mostra eficaz em diferentes tipos de reservatórios, além de se levar em conta os aspectos de custos e de praticidade de sua aplicação.

Conclui-se que o método menos impactante foi o *biológico*, que, além de ser uma técnica barata ainda pode se transformar em renda familiar. Porém, apresenta como desvantagem a necessidade de um controle rigoroso da introdução de uma nova espécie no meio.

O método de controle mais impactante foi o *químico*, cujos impactos negativos na fauna e na flora, superam os impactos dos demais métodos analisados. Além de ser prejudicial para o aspecto água a longo prazo. Já, os demais métodos de controle são equivalentes nos impactos ambientais na água, flora e fauna.

No entanto, alguns problemas podem ser observados em todos os mecanismos de controle de macrófitas, seja pelo aumento da demanda de oxigênio pelos seres vivos em decomposição, seja pela perda de habitats, por fatores associados à biologia desses vegetais, assim como a existência de estolões e rizomas, que são formas dormentes do vegetal.

Apesar dos inconvenientes demonstrados pelo crescimento excessivo das macrófitas aquáticas, não é pertinente considerar apenas os aspectos negativos deste fato. Deve-se reconhecer sua importância biológica na dinâmica dos ecossistemas. Portanto, em reservatórios em que esta vegetação se faz presente auxiliando em sua diversidade e não causando prejuízos, é importante esforços para sua manutenção e encontrar a melhor solução para que, tanto o ecossistema quanto o uso múltiplo do reservatório tenham sua porção de ganhos.

Não sendo conveniente deixar incontrolável o crescimento das macrófitas, ações preventivas favorecem os ecossistemas e evitam danos mais impactantes causados quando se utiliza de medidas corretivas. Contudo, se as plantas aquáticas representam problema aos usos múltiplos da água, a integração de métodos de controle se mostra eficaz e recomendada, pois se utilizando de várias práticas, os benefícios podem ser notados e as plantas aquáticas podem ser remanejadas de forma eficiente e segura para o meio ambiente e para a sociedade.

Sabe-se que os mecanismos de controle se fazem eficientes em pequenos ecossistemas, mas sua aplicação em uma área maior nem sempre se mostra como vantajosa e ainda é um fator de estudos. Vale ressaltar que os métodos de controle corretivos podem ser aplicados em casos

extremos quando o reservatório encontra-se totalmente infestado por macrófitas; casos em que a utilização de métodos preventivos não mais será viável.

Como uma das limitações deste trabalho cita-se a apresentação dos resultados globais no sentido de analisar o local de forma geral, sendo importante a análise específica para cada ambiente e mecanismo de controle estudado. Outra limitação apontada é o caráter bibliográfico deste trabalho que leva em conta apenas trabalhos e estudos já realizados para a produção do mesmo. Além disso, constatou-se que há pouca bibliografia acerca de estudos comparativos sobre a eficiência dos mecanismos de controle, o que dificulta a obtenção de dados precisos para as comparações realizadas, uma vez que o trabalho não conta com estudos de campo.

Em função disso, sugere-se para trabalhos futuros uma pesquisa de campo para a avaliação *in loco* dos mecanismos de controle citados e de seus impactos, de acordo com as matrizes e gráficos criados. Sugere-se também uma análise individual do reservatório atingido pela macrófita-problema relacionando os resultados obtidos neste trabalho para a tomada de decisão da utilização do mecanismo mais viável e menos impactante para os usos múltiplos da água.

## 7. Referências

- AGUIAR, L.H; *et al.* **Metabolical effects of folidol 600 on the neotropical freshwater fish matrinxã, *brycon cephalus*.** San Diego, v. 95, p. 224-230, 2004.
- BARBOSA. A.C; GENTIL. I. C. **Histórico do manejo de macrófitas aquáticas no Reservatório Guarapiranga.** Anais do II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do SUL: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade. Taubaté, p. 585-592, 2009.
- BARBOSA, T.A.S. **Análise do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia: Proposta de Otimização do Processo de Licenciamento Ambiental utilizando uma Matriz Simplificada.** 2004.119 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2004.
- BENNEMAN, S.T; ORSI, M. L; SHIBATTA, O. A. Atividade alimentar de espécies de peixe do rio Tibagi, relacionada com o desenvolvimento de gordura e das gônadas. **Revista Bras. Zoo** **13** (2): 501 -512. Paraná, Londrina. 1996.
- BIANCHINI Jr; CUNHA-SANTINO, M.B; FUSHITA, A.T; ALMEIDA, D.A.A; MAIA, A.T. **Monitoramento das macrófitas aquáticas do reservatório da usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Estado de Tocantins, Brasil).** 2010. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-013.doc>>. Acesso em: 14 de maio de 2012.
- BIANCHINI Jr., I; CUNHA-SANTINO, M, B. **Colonização de macrófitas em ambientes lênticos.** 2010. Disponível em: <[http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol\\_39%281-2%29.pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39%281-2%29.pdf)>. Acesso em: 25 de julho de 2012.
- BISPO, P. C; *et al.* Pluviosidade como fator da alteração da entomofauna bentônica (*Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera*) em córregos do planalto central do Brasil. **Acta Limnol. Bras.**, 13 (2):1-9. 2001.
- BIUDES, J; CAMARGO, A. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Australis**, América do Norte. 2009. Disponível em: <<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/view/77/5>>. Acesso em: 05 de outubro 2012.
- BORGES NETO, C.R; GORGATI, C.Q; PITELLI, R.A. Influência da concentração de inóculo e da idade da planta na intensidade de doença Causada por *Fusarium graminearum* em *Egeria densa* e *E. najas*. **Fitopatologia Brasileira**, 29(3): 282-288. 2004.
- BRIGANTE, J; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Org.) **Limnologia fluvial: Um estudo no rio Mogi-Guaçu.** São Carlos: RiMa, 2003.
- BUENO, N, C; MACHADO, T; BORTOLINI, J, C. *Egeria najas* planch (Hydrocharitaceae) no reservatório de Itaipu, Santa Helena, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 11-13, 2006.
- CAMARGO, A.F.M; PEREIRA, L.A; PEREIRA, A.M.M. Ecologia da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (239-286). In: **Conceitos de bacias hidrológicas: teorias e aplicações** (Schiaivetti, A. & Camargo, A.F.M.). 289 p. 2002.
- CAMARGO, A. F. M; PEZZATO, M.M; HENRY-SILVA, G.G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas.** Maringá: UEM, p. 59-83, 2003.

- CAMARGO, A.F.M.; ESTEVES, F.A. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.; Matsumura-Tundisi, T., **Limnology in Brazil**. São Paulo: ABC/SBL, p. 137-149, 1995.
- CARVALHO, F.T.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no Rio Tietê. **Planta daninha**. Viçosa-MG. vol.23. n.2, p. 371-374. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582005000200027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582005000200027&script=sci_arttext)> Acesso em: 25 de julho de 2012.
- CARVALHO, F.T; *et al.* Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. **Planta daninha**. Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 359-362, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v23n2/24965.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2012.
- CASTELLO BRANCO, J. E. S. **Indicadores da qualidade e desempenho de ferrovias (carga e passageiros)**. Rio de Janeiro: Associação Nacional dos Transportes Ferroviários. 128 p. 1998.
- COELHO, A.M. **Proposta para um indicador global de avaliação da sustentabilidade ambiental de empreendimentos**. 2008. 130 f. Dissertação de Mestrado. Lisboa, 2008.
- COELHO, R, M, P; NETO, J, F, B. **Curso de limnologia longitudinal - LGAR/UFMG – Itaipú**. 2009. Disponível em: <[http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/fapemig\\_10195\\_hidroacustica/website/rel\\_itaipu.pdf](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/fapemig_10195_hidroacustica/website/rel_itaipu.pdf)> Acesso em: 24 de julho de 2012.
- COLOMBO, U. **Development and the global environmental, in the energy- environmental connection**, USA. 1992.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Alterações Físico Químicas**. São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas\\_materia.php](http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php)> Acesso em: 20 de junho de 2013.
- COOK, C. D. K; URMI-KÖNING, K. Revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). **Aquatic bot.**, v 19, p. 73-96, 1984.
- 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 subquadripara* e *Panicum repens*. **Planta daninha**. Viçosa – MG. v. 23(2), p. 295-304, 2005b.
- DEVINE, J.A; VANNI. M.J. **Spatial and seasonal variation in nutrient excretion by benthic invertebrates in a eutrophic reservoir**. *Freshwater Biology* 47 (1): 1107- 1121. 2002.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2013 (BEN-2013)**. Rio de Janeiro, 55p. 2013.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência - FINEP, 575p. 1998.
- FUEM-Itaipu Binacional. **Levantamento de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório de Itaipu**. Maringá, UEM. 1997.
- GALHARDO, C. R. **O licenciamento ambiental de PCH e a comunicação social: análise dos estudos de caso de funil e carangola**. 2007.146 f. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- GIBBONS, M.V; GIBBONS, H. L; SYTSMA, M.D. A citizens manual for developing integrated aquatic vegetation management plans. **Washington Department of Ecology, Water Quality Financial Assistance Program**. 1994.

- GONÇALVES, C.V. **Alometria foliar, biomassa e fitoacumulação de cromo em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.** Dissertação de Mestrado. 2006. 76 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- GONÇALVES, D.B. Desenvolvimento sustentável: O desafio da presente geração. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 51. Ano V. 2005.
- GRECO, M.K.B. **Balanco de massa de fósforo, evolução da eutrofização e o crescimento de macrófitas flutuantes no reservatório de Volta Grande (Minas Gerais/São Paulo).** 2002. 165f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, 2002.
- GUIMARÃES, G.L. **Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente.** Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, pág. 159-180. 1987.
- GUIMARÃES, G. L; *et al.* Metodologia para avaliação de impacto ambiental de macrófitas em mesocosmos. **Planta daninha**. Viçosa-MG. v. 21, p.37-42: Edição Especial. 2003.
- GUIMARÃES, L.T. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, Município de Teresópolis – RJ.** 2000. 185 f. Dissertação de mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- GUNKEL, G; *et al.* The environmental and operation impacts of Curuá-Una, a reservoir in the amazon region of Pará, Brasil. **Lakes & Reservoirs: Reseach and Management**. 201-216p. 2003.
- HENARES, M.N.P; *et al.* Toxicidade aguda e efeitos histopatológicos do herbicida diquat na brânquia e no fígado da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Acta Sci. Biol. Sci.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 77-82, 2008.
- HENRY-SILVA, G. G; CAMARGO, A.F.M; PEZZATO, L.E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Rev. Bras. Zootec.** [online]. v. 35, n.3, p. 641-647. 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n3/30052.pdf>> Acesso em: 26 de julho de 2012.
- HIGUTI, J; TAKEDA, A.M. **Spatial and temporal variation in densities of *Chironomid larvae* (diptera) in two lagoons and two tributaries of the upper Paraná river floodplain, Brazil.** Brazilian Journal of Biology 62 (4b): 807-818. 2002.
- HOLM, L. G; WELDON, L.W; BLACKBURN, R.D. Aquatic seeds. **Science**, v. 166. p. 699. 1969.
- Jardim-Lima, D; NOVO, E.M.L.M. **Avaliação da aplicação de imagens TM-Landsat 5 no delineamento de borda e quantificação da área de inundação de lagos de várzea na Amazônia Central: Reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá.** Relatório Técnico. 15p, 2003.
- LITTLE, E. S. C. The invasion of man-made lakes by plants. In: LOWE-McCONNELL,R. H. (Ed.). **Man-made lakes: proceedings of a symposium held at the Royal Geographical Society, London, on 30 September and 1 October 1965.** London: Academic Press. p. 75-84.1966.
- KINGMAN, A. B. The Environmental impact of the use of herbicides at the global level. **Planta daninha**. v.1, n. 2, p.22-25, 1993.
- MARCHI, S.R; *et al.* Utilização de chama para controle de plantas daninhas emersas em ambiente aquático. **Planta daninha**. Viçosa-MG. v. 23, n. 2, p. 311-319. 2005.

- MARCONDES, D. A. S. **Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas e efeitos sobre algumas características ambientais**. 2001. 180 f. Tese (Livre-Docência) - UNESP, Botucatu, 2001.
- MARCONDES, D. A. S; *et al.* Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupiaá. **Planta daninha**. Viçosa-MG. Edição especial: v. 21, p. 69-77, 2003.
- MELLO, M. A. M. M; FRANCO, D.A.S; MATALLO, M.B. **Controle de macrófitas aquáticas**. 2008. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/artigos\\_ok.php?id\\_artigo=72](http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=72)>. Acesso em: 15 de junho de 2012.
- MOREIRA, I.V.D. Origem e síntese dos principais métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) in: **Manual de avaliação de impactos ambientais (MAIA)**. 1<sup>a</sup> ed.1992.
- MOURA, M.A.M; FRANCO, D.A.S; MATALLO, M.B. **Controle de macrófitas aquáticas**. 2008. Disponível em: <[http://www.infobios.com/Artigos/2008\\_3/macrophytes/index.htm](http://www.infobios.com/Artigos/2008_3/macrophytes/index.htm)> Acesso em: 08 de março de 2012.
- NACHTIGAL, G.F. **Perspectivas do controle biológico do capim-annoni-2 após meio século de invasão no Brasil**. 2008. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/artigoGlauucia\\_annoni.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/artigoGlauucia_annoni.pdf)> Acesso em: 27 de junho de 2012.
- NETO, S. V. C. **Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (PROBIO)**. Botânica – Imagens. 2006. Disponível em: <[http://www.iepa.ap.gov.br/probio/banco\\_img/imagem\\_bot.html](http://www.iepa.ap.gov.br/probio/banco_img/imagem_bot.html)> Acesso em: 20 de abril de 2012.
- NEGRISOLI, E; *et al.* Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta daninha**, v.22, p.567-575, 2004.
- OERTLI, B; LACHAVANE, J.B. The effects of shot age colonization of an emergent macrophyte (*Typha latifolia*) by macroinvertebrates. **Freshw. Biol.** Oxford, v. 34, p. 421-431, 1995.
- OLIVEIRA, N.M.B, SAMPAIO, E.V.S.B; PEREIRA, S.M.B; MOURA JUNIOR, A.M. Capacidade de regeneração de *egeria densa* em reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta daninha**. Viçosa-MG, v. 23, n. 2. p. 363-369. 2005.
- OLIVEIRA, S. T. **Uso de indicadores de desempenho na valoração da comunicação durante o processo de licenciamento ambiental de pequenas centrais hidrelétricas no sul de Minas**. 2012. 95 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI. 2012.
- OLIVEIRA, Z. M. F. O Elo entre a educação, o desenvolvimento sustentável e a criatividade. OEI. **Revista Iberoamericana de Educación**. V. 3, n.51. 2010. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/3022Freire.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2012.
- PALOMBO, C. P. **Determinação do padrão fenológico de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (aguapé) e *Pistia stratiotes* L. (Alface d'água)**. 1997. 213 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo – USP, 1997.
- PARTIDARIO, M. **Indicadores de qualidade do ambiente urbano**. 1990. 155 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa. 1990.

- PEDRALLI, G. R; *et al.* **Levantamento dos macrófitos aquáticos e da mata ciliar do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais, Brasil.** Ilheringia, sér. bot., v.43, p. 29-40, 1993a.
- PEDRALLI, G; *et al.* **Levantamento da vegetação aquática (“macrófitos”) na área da EPDA-Peti, Santa Bárbara, MG.** Ilheringia, sér.Bot., v.43, p. 15-28, 1993b.
- PEREIRA, V.L.R. **A Limnologia e o gerenciamento integrado do reservatório da usina hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães – UHE Lajeado Tocantins.** 2002. 262 f. Tese de doutorado, Universidade Estadual de São Paulo – USP, São Paulo, 2002.
- PITELLI, M.C.R.L. **Abordagens multivariadas no estudo da dinâmica de comunidades de macrófitas aquáticas.** Botucatu SP, Ed UNESP, 2006.
- POMPÊO, M. L. M. (ed.) **Perspectivas da limnologia no Brasil,** São Luís: Gráfica e Editora União, 198 p, 1999.
- POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecol. Australis,** América do Norte, v. 12, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/view/114/40>> Acesso em: 05 de junho 2012.
- POMPÊO, M.L.M; HENRY, R. Variação sazonal dos teores de N e P no sedimento do rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). In: **Anais do I Simpósio de Ciências da engenharia Ambiental, III Simpósio do Curso de Ciências da Engenharia Ambiental.** São Carlos, CRHEA/EESC/USP, p. 135-137. 1996a.
- POMPÊO, M.L.M; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos.** São Carlos, SP: Rima, 134 p, 2003.
- Probio UFSCAR – **A Diversidade de macrófitas aquáticas nos lagos do médio rio Doce (MG) e no sistema do rio Tietê (SP).** 2003. Disponível em: <[http://www.ufscar.br/~probio/intro\\_mono\\_kat.html](http://www.ufscar.br/~probio/intro_mono_kat.html)> Acesso em 22 de fevereiro de 2012.
- RENÓ, A.M.L; CARNEIRO, J.A; NETO, S.N. **Ergonomia aplicada, sucesso alcançado nas manutenções da UHE Jupia.** CESP. 2009. Disponível em: <<http://www.funcoge.org.br/sense/arquivos/6sense/apresentacoes-ct/CT30-27-15H30-CESP.ppt>> Acesso em 07 de junho de 2013.
- RIETZLER, A.C; *et al.* A comparative study on the diversity of the flora in tropical and subtropical freshwaters, II: The macrophyte community. **An. Acad. Bras. Ci,** 70(4): 786-791, 1998.
- ROCHA, D. C; MARTINS, D. Levantamento de plantas daninhas aquáticas no reservatório de Alagados, Ponta-Grossa, PR. **Planta daninha.** Viçosa-MG, v. 29, n. 2. p. 237-246. 2011.
- RODELLA, R. A; COSTA, N.V; COSTA, L.D.N.C; MARTINS, D. **Diferenciação entre *Egeria densa* e *Egeria najas* pelos caracteres anatômicos foliares.** 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v24n2/30443.pdf>> Acesso em 22 de março de 2012.
- SABESP. **Ciclo de conferência de gestão ambiental. In: seminário de monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em represas brasileiras.** São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>> Acesso em 25 de abril de 2012.
- SAIA, F.T; BIANCHINI Jr, I. Modelo do crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* em condições de laboratório. In. **VIII Sem. Reg. Ecol. Sao Carlos: UFSCar, 1996.** vol. III: 1331-1342,1998.

- SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de sistemas de wetlands construídos**. 2006. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/Controle\\_Qualid\\_Agua\\_Wetlands\\_ES\\_out06.pdf](http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/Controle_Qualid_Agua_Wetlands_ES_out06.pdf)> Acesso em 05 de março de 2012.
- SANCHÉZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental, conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. 495 p. 2008.
- SANTOS, L. M. **Aplicação de indicadores de desempenho em avaliações estratégicas para estudos de viabilidade em empreendimentos de geração descentralizada em sistemas isolados**. 2008.104 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2008.
- SCHOENHALS, M; OLIVEIRA, V.A; FOLLADOR, F.A.C. **Remoção de chumbo de efluente de indústria recicladora de baterias automotivas pela macrófita aquática *Eichhornia crassipes***. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.2, p. 55-72. 2009.
- SEIFERT, S; SNIPES, C. E. **Response of cotton (*Gossypium hirsutum*) to flame cultivation**. Weed Technol., v. 12, n. 3, p. 470-473, 1998.
- SILVA, R.S. **Influência da temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* cultivada em água enriquecida artificialmente**. 2008. 40 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2008.
- SOARES, R.A.B; CARVALHO, S.J.P; DIAS, A.C.R. Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar em Grandes Unidades de Produção - Visão Prática. In: **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – Embrapa milho e sorgo**. Ouro Preto – MG. 353 p. 2008.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 243p. 1996.
- SPONCHIADO, M. **Efeito da macrófita aquática *Luziola peruviana* em açude e seu controle pela carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*)**. 2008. 114 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2008.
- STROBEL, J.S. **Modelo para mensuração da sustentabilidade corporativa através de indicadores**. 2005. 136f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2005.
- TANAKA, R. H. **Eficácia de fluridone para o controle de *Egeria* ssp. em caixas d'água e em represa de pequeno porte sem fluxo de água**. 2000. 157 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- TARDIVO, R.C; BACH, A; MORO, R. S. **Macrófitas aquáticas da represa de Alagados**. 2012. Disponível em: <[http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/454/CAP%C3%8DTULO10\\_MacrofitasAquaticasRepresa.pdf?sequence=1](http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/454/CAP%C3%8DTULO10_MacrofitasAquaticasRepresa.pdf?sequence=1)> Acesso em: 24 de fevereiro de 2012.
- THOMAZ, S, M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta daninha**. Viçosa-MG. v.20. 2002.
- THOMAZ, S. M; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: UEM, 2003.
- THOMAZ, S. M; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios**. Maringá: UEM, p. 103-116, 1998. Disponível em: [http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/SBL\\_Diretoria/Acervo\\_Acta/acta\\_limnologica\\_contents1001E\\_files/Artigo%209\\_10%281%29.pdf](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/SBL_Diretoria/Acervo_Acta/acta_limnologica_contents1001E_files/Artigo%209_10%281%29.pdf)>. Acesso em 14 de abril de 2012.

THOMAZ, S. M; PAGIORO, T.A; BINI, L.M; MURPHY, K.J. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu, Brazil). In: DUTARTRE, A.; MONTEL, M. H. (Ed.). **Aquatic Weeds. Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on aquatic weeds**. Moliet et Maã: Cemagref-EWRS. p. 197-200, 2002.

THOMAZ, S.M; *et al.* Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: Survey of species and ecological considerations. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 42, n. 1, p. 15-22, 1999.

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo. CETESB. 355 p. 1994.

TUCCI, C.E.M; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. 2000. Disponível em:

<[http://galileu.iph.ufrgs.br/aguasurbanas/Contents/Publicacoes/downloads/drenagem\\_urbana\\_controle\\_erosao\\_presidente\\_prudente.pdf](http://galileu.iph.ufrgs.br/aguasurbanas/Contents/Publicacoes/downloads/drenagem_urbana_controle_erosao_presidente_prudente.pdf)> Acesso em: 26 de outubro de 2012.

TUFFI SANTOS, L.D; *et al.* Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em Folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta daninha**. Viçosa-MG. v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008.

Vannote, R. L; *et al.* The river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**,37: 130-137, 1980.