

3.34. PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

3.34.1. Introdução

Ecossistemas de água doce, principalmente os lacustres, podem ser monitorados quanto à qualidade das águas através de parâmetros e métodos físico-químicos e/ou biológicos. Quando utilizados conjuntamente, os fatores físico-químicos e biológicos fornecem informações mais abrangentes e detalhadas sobre o grau de eutrofização, ou seja, o aumento e acumulação de poluentes orgânicos no sistema, e o status de conservação biológica destes ambientes aquáticos.

Vários grupos de organismos aquáticos têm sido utilizados como bioindicadores de qualidade da água, como ictiofauna, plâncton, macrófitas aquáticas e macroinvertebrados bentônicos, com destaque para esse último grupo devido à maior eficiência como grupo indicador (Medeiros 1997).

3.34.2. Justificativa

As macrófitas aquáticas constituem elementos da flora de ecossistemas aquáticos, e possuem papel importante como fonte de alimentos, locais de reprodução e refúgios para várias espécies animais, absorção de poluentes e na ciclagem de nutrientes nesses ambientes (Esteves 1988).

A composição de espécies, abundância e biomassa são parâmetros desse grupo importantes para o controle e monitoramento da qualidade da água em sistemas lacustres e fluviais, considerando principalmente a capacidade de algumas espécies de proliferação excessiva em situações de média à elevada eutrofização da água (Wetzel 1993; Melzer 1999). Neste caso, embora espécies de macrófitas aquáticas absorvam quantidades expressivas de nutrientes e elementos químicos das águas derivados de poluição, a proliferação excessiva e a posterior decomposição de partes das plantas e de indivíduos dessas espécies dentro dos ambientes aquáticos libera elementos orgânicos e químicos no sistema que aumentam o processo de eutrofização ou dificultam a manutenção da qualidade da água. A proliferação excessiva de espécies de macrófitas do gênero *Eichhornia* em sistemas lacustres, por exemplo, pode ser indicador de ambiente eutrofizado, além de *Lemna*, *Pistia*, *Salvinia* e *Trapa* (Beyruth 1992; Wetzel 1993; Bitar 1998). Bini *et al.* (1999) verificaram que o pH, a concentração de fósforo na água e no sedimento e a disponibilidade de luz foram os principais fatores que afetaram a distribuição de macrófitas aquáticas no reservatório de Itaipu (PR). Nesse estudo, a distribuição das espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Sauvinia auriculata* foi fortemente associada com locais de maior concentração de nutrientes.

Os metais e as bases também são absorvidos da água pelas folhas e raízes das macrófitas, ocorrendo concentrações de muitos elementos em quantidades muito superiores às necessidades metabólicas. Assim, as macrófitas também podem ser úteis em processos de descontaminação de ambientes aquáticos (Wetzel 1993) quando há um processo de retirada de parte destes organismos do sistema.

Assim, é fundamental para os ecossistemas aquáticos, principalmente aqueles com aporte excessivo de matéria orgânica de causa antrópica, por esgotos ou por fertilizantes de áreas

agrícolas, o monitoramento e controle das macrófitas aquáticas para a manutenção da qualidade da água e conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos.

3.34.3. Objetivos e Público-Alvo

O objetivo deste programa é evitar a propagação indesejável de macrófitas aquáticas no reservatório, de forma a não prejudicar a operação da usina e as atividades de uso múltiplo do reservatório.

Público-Alvo

- Técnicos que serão responsáveis pelo monitoramento do reservatório da UHE Estreito.
- Moradores do entorno do reservatório.
- Órgãos governamentais.
- Instituições de pesquisa.

3.34.4. Metas

- Avaliar a composição e riqueza de espécies de macrófitas aquáticas e sua relação com os parâmetros físico-químicos da água.
- Monitorar e determinar a biomassa e dominância (cobertura percentual por área) das macrófitas aquáticas mais representativas para subsidiar o controle, principalmente para aquelas indicadoras de ambientes eutrofizados.
- Propor medidas de controle do excesso de biomassa de macrófitas aquáticas.

3.34.5. Descrição do Programa, Metodologia e Atividades Previstas

As estratégias iniciais de ação a serem utilizadas para o monitoramento e controle de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Estreito são indicadas nos itens abaixo:

1. análise do EIA/RIMA da UHE Estreito;
2. análise dos ofícios do IBAMA onde são solicitadas complementações aos estudos executados no EIA/RIMA;
3. análise da localização das sub-bacias hidrográficas;
4. análise dos dados cartográficos disponíveis (mapas dos levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapa de vegetação, etc.);
5. análise dos documentos sobre os estudos limnológicos realizados na área da UHE Estreito;
6. análise de levantamentos bibliográficos.

As macrófitas aquáticas são classificadas em dois grupos: (1) fixas ao substrato, as quais incluem as macrófitas emergentes, macrófitas de folhas flutuantes e macrófitas submersas; e (2) macrófitas flutuantes.

As macrófitas submersas apresentam produtividade bem mais baixa que as plantas de folhas flutuantes e as emergentes. O grupo das macrófitas flutuantes, como *Eichhornia*, *Pistia* e *Salvinia*, é bastante relacionado com alterações sobre o metabolismo dos lagos devido à excessiva proliferação. A propagação vegetativa pela produção de propágulos laterais é um modo de proliferação rápida neste grupo, e a absorção de nutrientes é feita a partir da água.

A produtividade das macrófitas aquáticas é quase sempre determinada pelas alterações da biomassa. Para macrófitas flutuantes, tem sido utilizados sistemas de informação geográfica para avaliação de cobertura de área (Pereira Filho 1998).

As análises do desenvolvimento e da produção das comunidades de macrófitas são baseadas principalmente em determinações da biomassa total ou pelo índice da área das folhas (razão da área das folhas por unidade de área do solo), entre outros métodos. Em ambientes férteis, e desde que a estação de crescimento seja contínua, as macrófitas aquáticas podem apresentar produtividade mais elevada que comunidades de plantas terrestres, principalmente nas zonas tropicais (Westlake 1980; Wetzel 1993; Bitar 1998).

São observadas alterações sazonais na dominância das espécies (cobertura percentual por área), mas é freqüente a tendência de formação de populações monoespecíficas em grandes extensões, principalmente quando os habitats são favoráveis como, por exemplo, os lagos eutróficos ou mesoeutróficos.

Monitoramento - determinação da composição de espécies, distribuição, relações com fatores limnológicos e biomassa

Em período anterior à formação do reservatório serão identificadas as áreas rasas (< 5m) sem ocorrência de fluxos unidirecionais, propensas ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas. Serão associadas a essas áreas a existência de fontes de poluição pontuais e não pontuais. Nesses locais, serão fixadas placas de identificação dos sítios de amostragem. A localização destes sítios pode variar de acordo com a distribuição das macrófitas no reservatório ao longo do tempo.

Cada sítio de amostragem será caracterizado quanto aos parâmetros: substrato, ocorrência de fontes pontuais ou difusas de poluição, vegetação marginal e ocupação da margem. Em cada sítio, três estações de amostragem devem ser alocadas aleatoriamente, a partir da margem (0,5m) até 1,0 e 1,5m de profundidade, e georreferenciadas. As macrófitas submersas serão coletadas com draga de Petersen (0,12x0,30m). Para as macrófitas flutuantes, deve ser utilizado um quadrado (0,5 x 0,5m). O material coletado será identificado no campo e em herbário através de chaves e consulta a especialistas.

A escala de abundância de Domin-Krajina pode ser utilizada para estimativa de cobertura para ambos os grupos de macrófitas (1=<20; 2= 21-40; 3=31-60; 4=61-80; 5=81-100% cobertura).

O conhecimento dos aspectos relativos à diversidade de espécies de macrófitas aquáticas em uma bacia hidrográfica ou região é fundamental na avaliação da ecologia aquática desses sistemas e conhecimento do grupo.

Assim, a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas será estimada através dos índices não-paramétricos Jackknife e Chao 2 através do programa Stimates (Colwell 1997). Estes índices levam em consideração a ausência/presença das espécies e o número de espécies observado nos sítios de amostragem.

As equações utilizadas são descritas a seguir:

1. Estimador Jackknife de primeira ordem:

$$S_{\text{jack1}} = \text{Sobs} + Q_1 (m-1/m)$$

Onde: Sobs= número de espécies observado em todos os sítios de amostragem;

Q_1 = número de espécies amostrado em apenas um sítio de amostragem (espécies raras);

m = número total de sítios de amostragem.

2. Estimador Chao2

$$S_{\text{chao2}} = \text{Sobs} + Q_1^2/2Q_2,$$

Onde: Q_2 = número de espécies amostrados em dois pontos.

Para o monitoramento das macrófitas aquáticas e análise das relações com a qualidade da água, incluindo análises para avaliação de possível enriquecimento por nutrientes, é necessária a determinação de variáveis limnológicas nos mesmos sítios de amostragem selecionados para as macrófitas, no momento das coletas das plantas. Essas variáveis são os parâmetros físico-químicos da água do lago e devem incluir principalmente os dados de temperatura, turbidez, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, através de *data-logger* HOBO, transparência, através de disco de Secchi, e a concentração de nutrientes das séries nitrogenada e fosfatada através de metodologia padrão (Golterman *et al.* 1978; Mackereth *et al.* 1978).

Os sítios de amostragem podem ser classificados por TWINSpan – Two Way Indicator Species Analysis (Hill 1979) para avaliação da composição dos grupos em relação às características limnológicas locais, e a análise de parâmetros físico-químicos mais importantes na distribuição será feita através Análise de Componentes Principais (ACP).

A avaliação do grau de infestação por macrófitas aquáticas no reservatório de Estreito poderá ser feita através da estimativa de cobertura (escala de abundância de Domin-Krajina), fotografias aéreas, sistemas de informação geográfica (Pereira-Filho 1998) e determinação de biomassa/m². Os dados derivados de estimativas de cobertura e sistemas de informação geográfica, através do uso de imagens de satélites, geralmente com menor custo em relação às fotografias aéreas, poderão ser complementados pelos dados de biomassa das macrófitas para uma melhor estimativa do grau de infestação do reservatório e avaliação de necessidade de controle.

A variação temporal da biomassa para as espécies mais abundantes será feita através do método do quadrado. O material submerso e flutuante deve ser coletado e separado em limbo, pecíolo, rizoma, raiz, ramo fértil, detritos. As coletas devem incluir as duas estações do ano (seca e chuva).

A biomassa viva e seca será determinada por metro quadrado. Após colhido e pesado no campo, o material será levado para estufa (80° C), por 24 horas, para determinação do peso seco.

Frequência de Monitoramento

O monitoramento da presença e desenvolvimento das macrófitas aquáticas será realizado com o emprego de embarcação, o qual possibilita uma melhor avaliação da situação. O monitoramento terá frequência mensal no período de enchimento, devendo-se dar atenção especial às áreas rasas (< 5m) sem ocorrência de fluxos unidirecionais, identificadas anteriormente. Após o enchimento a frequência de monitoramento será semestral. Caso verifique-se algum ponto mais crítico em termos de tendência a infestação o monitoramento desses pontos deverá ser trimestral.

Caso seja constatado algum ponto crítico em relação à tendência de infestação por macrófitas, o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas será acionado para avaliar a necessidade de inclusão da área no monitoramento do programa.

Controle e manejo de macrófitas aquáticas

O controle de macrófitas aquáticas pode ser realizado através de diversos métodos, incluindo (Fidelman 2005):

- conservação da qualidade da água ou mitigação de entrada de poluentes orgânicos através de sistemas de coleta e tratamento de esgotos adequados às características locais e padrão de qualidade da água desejado;
- remoção manual e mecânica com utilização de colhedeiros;
- controle biológico (utilização de espécies de insetos, fungos e peixes herbívoros);
- controle químico ou uso de herbicidas (Santos & Banzatto 1998).

Considerando que a introdução de espécies de fungos, insetos e peixes para controle biológico e o uso de produtos tóxicos (herbicidas) deve ser evitado pelo elevado potencial de danos ao ambiente, o controle das macrófitas aquáticas no lago da UHE Estreito deve ser preferencialmente feito com a conservação da qualidade da água na bacia hidrográfica de influência e, se necessário, com a remoção manual e mecânica.

Remoção manual e mecânica

Em locais com menor profundidade, é possível o recolhimento das macrófitas manualmente com o uso de colhedeiros em terra. Para locais de maior profundidade, as macrófitas podem ser trazidas para as margens, ou podem ser utilizadas colhedeiros flutuantes, ou seja, barcos adaptados com equipamentos para retirada, armazenagem e/ou trituração das

macrófitas coletadas. O material retirado será enviado para aterro aprovado pelo órgão competente.

A frequência de remoção manual/mecânica das macrófitas deve ser compatível com o grau de infestação do reservatório, incluindo a fase de enchimento e todo o período posterior a este.

3.34.6. Indicadores Ambientais

Os indicadores ambientais deste programa devem incluir:

- Taxa de sucesso de macrófitas do lago.
- Biomassa de macrófitas aquáticas indicadoras de ambientes eutrofizados;
- Composição, riqueza e dominância de espécies de macrófitas aquáticas;
- Parâmetros físico-químicos do lago (condutividade, oxigênio dissolvido, transparência, turbidez, temperatura da água, pH, concentração de nutrientes das séries nitrogenada e fosfatada).

3.34.7. Inter-Relação com Outros Programas

Este programa tem relação direta com as atividades dos *Programas de Monitoramento da Qualidade das Águas*, de Educação Ambiental à População Rural e Urbana e de Comunicação Social e de Apoio à População Migrante da UHE Estreito.

Além disso, o monitoramento e o controle de macrófitas aquáticas no reservatório estão relacionados ao desenvolvimento do *Programa de Revegetação e da Faixa de Proteção do Reservatório* para diminuir os níveis de poluição da água.

3.34.8. Atendimento a Requisitos Legais

O programa de monitoramento e controle de macrófitas aquáticas atende aos requisitos legais da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/1997), no que tange ao controle da poluição e enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes de água, entre outras medidas para manutenção da qualidade da água, Resolução CONAMA 357/05 e demais instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente.

3.34.9. Responsáveis pela Execução do Programa e Parceiros Institucionais Potenciais

A responsabilidade pela execução das atividades de monitoramento e controle das macrófitas aquáticas do reservatório é do CESTE, que poderá envolver instituições de pesquisa na execução das atividades previstas, além da própria equipe de monitoramento da qualidade das águas.

3.34.10. Recursos Humanos, Materiais e Financeiros**Recursos Humanos**

Coordenador

Técnicos de campo

Recursos Materiais

Embarcação

Material para análises e determinações

Recursos Financeiros

A estimativa preliminar dos custos para execução deste programa é de R\$ 400.000,00 (quatrocentos mil reais). O cronograma de desembolso financeiro previsto é apresentado no capítulo 4 deste PBA.

3.34.11. Responsáveis pela Elaboração do Programa

EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia

Botânica Taciana Barbosa Cavalcanti, DSc	CRB 0613101 IBAMA 473469
Ecólogo Marcelo Brilhante de Medeiros, DSc	CREA 13969/4-D IBAMA 726853

3.34.12. Bibliografia

Beyruth, Z. 1992. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*. 26 (4): 1-17.

Bini, L. M.; Thomaz, S. M.; Murphy, K. J.; Camargo, A. F. M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia* 415: 147-154.

Bitar, A. L. 1998. Fluxo de nitrogênio e seu uso por duas macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*) no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo/São Carlos. 96 p.

CNEC Engenharia, 2004, Estudos Complementares ao *EIA-RIMA da UHE Estreito*, São Paulo.

- CNEC Engenharia S. A., 2002, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA da Usina Hidrelétrica de Estreito. São Paulo.
- Colwell, R. K. 1997. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User Guide. Web site: viceroy.eeb.uconn.edu/estimates.
- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência/FINEP. Rio de Janeiro.
- Fidelman, P. I. J. 2005. Contribuição para mitigação dos impactos da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* sobre a zona costeira da região sul da Bahia. Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado. No prelo.
- Golterman, H. L. ; Clymo, R. S.; Ohmstad, M. A. M. 1978. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 214 p.
- Gutiérrez, L. E.; Arreguín, F. I.; Huerto, D. R.; Saldaña, P. 1994. Aquatic Weed Control. Water Resource Development. 10 (3): 291-312.
- Hill, M. O. 1979. TWINSpan- Two Way Indicator Species Analysis. Cornell University, Ithaca. New York.
- Mackreth, F. Y.; Heron, J. G.; Talling, J. J. 1978. Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists. Freshwat. Biol. Ass. 17: 120 pp.
- Medeiros, M. B. 1997. Utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água na bacia do córrego Riacho Fundo, Brasília-DF. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília.
- Melzer, A. 1999. Aquatic macrophytes as tools for lake management. Hydrobiologia 395/396: 181-190.
- Pereira Filho, W. 1998. Relações entre macrófitas aquáticas flutuantes e o uso da terra, o caso do reservatório da UHE Tucuruí. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. Pp. 177-183. Santos.
- Santos, D. M. M.; Banzatto, D. A. 1998. Influência de herbicidas em macrófitas aquáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 33 (6).
- Westlake, D. F. *et al.* 1980. Primary production. In: E. D. Cren & Lowe-McConnell (eds.). The Functioning of Freshwater Ecosystems. Cambridge University Press. Cambridge.
- Wetzel, R. G. Limnologia. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

3.34.13. Cronograma Físico

O cronograma físico deste programa é apresentado a seguir.