

DINÂMICA DE PLANTAS AQUÁTICAS EM ECOSISTEMAS MODIFICADOS: OCORRÊNCIA, LEVANTAMENTO, PREJUÍZOS E CONTROLE

Fernando Tadeu Carvalho¹; Dagoberto Martins²; Amanda Leoncini Carvalho³

¹Prof. Dr., Departamento de Bio. e Zoot., FEIS/UNESP, e-mail: ftadeu@bio.feis.unesp.br

²Prof. Dr., Departamento de Agricultura, FCA/UNESP, e-mail: dmartins@fca.unesp.br

³Graduando Eng. Civil, FEIS/UNESP, e-mail: amanda_leoncini@yahoo.com.br

RESUMO: As plantas aquáticas são estudadas como um efeito do desequilíbrio causado pela poluição e/ou alagamento dos rios. A quantidade excessiva de plantas, conseqüente desse desequilíbrio, dificulta o abastecimento de água, a navegação, a produção de energia elétrica, recreações e outras atividades desenvolvidas em ambientes aquáticos. A maioria das revisões de literatura sobre as plantas aquáticas trata de assuntos específicos como determinados métodos de controle, composição química, caracterização botânica ou bioquímica das plantas, entre outros. Entretanto, praticamente não existem trabalhos que caracterizem toda a dinâmica de plantas aquáticas em ecossistemas modificados. Desta forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a ocorrência, os tipos de levantamentos indicados para essa vegetação, os prejuízos e os métodos de controle. Ressalta-se que o conceito de indesejabilidade, no tempo e espaço, utilizado para caracterizar as plantas que são consideradas daninhas, enquadra-se perfeitamente nos casos das macrófitas quando seu crescimento acentuado causa dificuldades para a utilização dos ecossistemas aquáticos. Quando este nível de dano é atingido, passa a ser necessário a aplicação de métodos de manejo que minimizem suas populações. Os principais métodos são: o mecânico, o físico, o biológico e o químico. Quanto ao levantamento da flora aquática, as opções existentes para a sua realização são: o sobrevôo, as imagens de satélite e/ou os levantamentos quali-quantitativos de campo.

Palavras-chave: macrófitas, revisão, literatura

DYNAMICS OF AQUATIC PLANTS IN MODIFIED ECOSYSTEMS: DAMAGES, CONTROL, OCCURRENCE AND INVENTORY

SUMMARY: The aquatic plants are studied as an effect of the unbalance caused by the pollution and/or flooding of the rivers. The excessive amount of plants, consequent of that unbalance, it can cause damage to the water supply, the navigation, the electric power production, recreations and other activities developed in aquatic ambients. Most of the literature revisions on the aquatic plants deals with specific matters as certain control methods, chemical composition, characterization botanical or biochemical of the plants, among others. However, practically works that characterize the complete dynamics of aquatic plants in modified ecosystems don't exist. This way, the present work was accomplished with the objective of studying the occurrence, the types of suitable inventory for that vegetation, the damages and the control methods. The concept of no desirable, in the time and space, used to characterize the weed plants, is perfectly framed in the cases of the aquatic plants, when its accentuated growth causes difficulties for the

use of the aquatic ecosystems. When this damage level is reached, it passes the necessary being the application of management methods that minimize their populations. The main methods are: the mechanic, the physicist, the biological and the chemist. The inventory of the aquatic plants can be accomplished through over fly, satellite image and/or qualitative and quantitative field inventory.

Key words: aquatic vegetation, revision, literature

OCORRÊNCIA

Existem várias espécies vegetais aquáticas que têm sido relacionadas freqüentemente nos levantamentos de plantas (Branco, 1986). Uma classificação que facilita a apresentação destas plantas nos

levantamentos é quanto ao hábito de crescimento. Segundo Riemer (1984) e Tanaka et al. (2002) a classificação mais utilizada é a que divide as macrófitas em quatro grupos (Figura 1): emersas (marginais); flutuantes enraizadas; flutuantes e submersas.

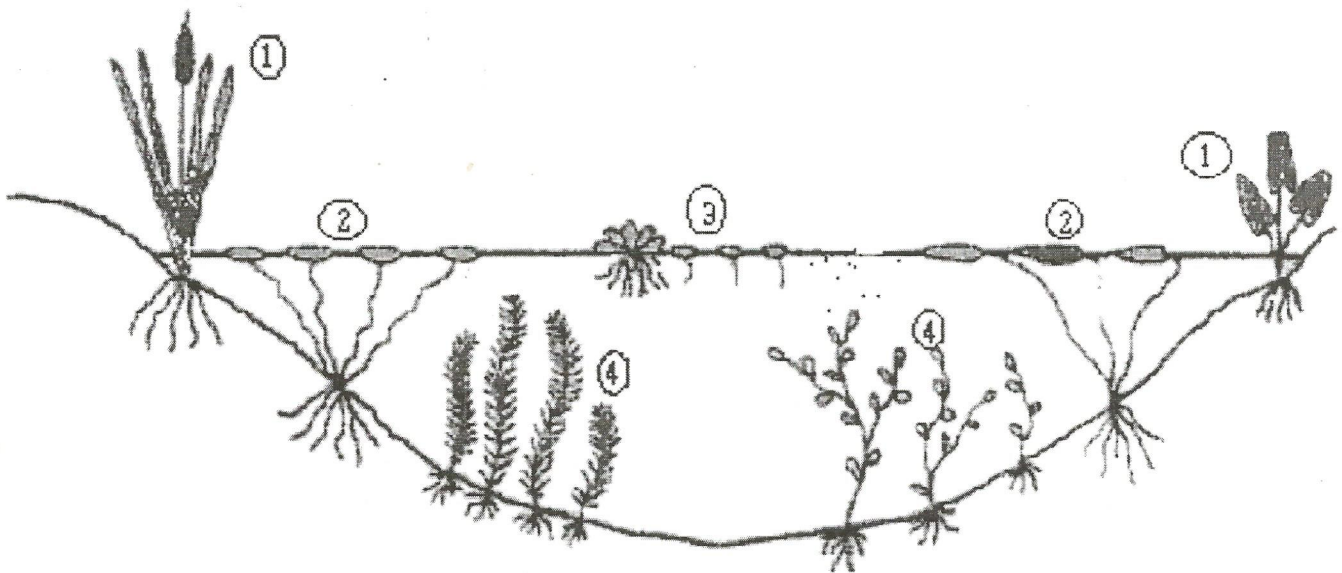


Figura 1. Esquema representativo dos tipos de plantas aquáticas baseadas no hábito de crescimento: 1- emersas (marginais), 2- flutuantes enraizadas, 3- flutuantes, 4- submersas. Fonte: Riemer (1984).

No Rio Tietê, nas áreas mais distantes das regiões poluídas dos grandes centros urbanos, à medida que se aproxima de sua foz (o Rio Paraná), ocorre um aumento gradativo das condições favoráveis à ocorrência de plantas submersas. Neste ambiente, o alagamento (que transformou o rio de lótico, ou seja, com corredeiras, em lântico) e a transparência natural das águas (relatada por Cavenaghi, 2003) são os fatores predominantes. Dessa forma, no último reservatório do Rio Tietê, em Três Irmãos, as plantas submersas são as mais abundantes (Tanaka et al., 2002b), diferente do

reservatório mais distante da foz, em Barra Bonita, no qual não ocorrem plantas submersas (Carvalho et al., 2003).

O Rio Tietê, com seus 1.100 km de extensão e seis grandes usinas hidrelétricas, nasce no município de Salesópolis na Serra do Mar, a 780 m de altitude e deságua no Rio Paraná a 330 m de altitude. Segundo Rocha (2004), até o ano de 1840 o rio de águas limpas e transparentes era chamado Tietê da nascente até a cidade de Salto (próximo a Itú) e, desta região até a sua foz, era chamado de Anhembi, mas foi a partir da industrialização e da maior urbanização das cidades do Estado

de São Paulo, no início do século 20, que começou o processo de poluição que causou a sua eutrofização.

Segundo Pitelli (1997), com a poluição dos rios, as áreas eutrofizadas (ricas em nutrientes), geralmente próximas a centros urbanos, são as que apresentam os maiores problemas com plantas marginais e flutuantes (aguapés e alface-d'água), e nos reservatórios pouco eutrofizados, onde prevalecem as águas transparentes, ocorre um intenso crescimento de plantas submersas, como *Egeria* spp. e *Ceratophyllum demersum* L., que são espécies relacionadas entre as mais problemáticas macrófitas aquáticas do mundo (Holm e Yeo, 1980).

Ressalta-se que os maiores prejuízos relacionados às macrófitas no Brasil acontecem nos reservatórios para fins hidroelétricos, devido às condições apropriadas que são criadas pelo alagamento. Várias são as espécies de plantas que ocorrem nestas condições, sendo que, as submersas merecem destaque especial devido à suas capacidades de ocupar todo o perfil d'água em determinadas profundidades. No Rio Paraná, por exemplo, mais especificamente na represa de Jupia, a ocorrência de espécies do gênero *Egeria* e a espécie *C. demersum*, estão entre as que provocam os maiores problemas na usina hidrelétrica (Tanaka et al., 2002b).

Segundo Marcondes et al. (2003), as plantas do gênero *Egeria* acumulam até 50 toneladas de massa vegetal por hectare nos pontos mais infestados, sendo que, no período chuvoso, as cheias deslocam massas da vegetação em direção às usinas hidrelétricas, onde as plantas acumulam-se nas grades de proteção das unidades geradoras, tornando obrigatória sua remoção a fim de evitar o entupimento das grades. Marcondes et al. (1997) explicam que, nos casos em que a limpeza não é feita a tempo, a obstrução pelas macrófitas pode causar a ruptura ou até mesmo a sucção das grades de proteção para dentro das turbinas.

Uma das hipóteses para o crescimento desequilibrado das plantas submersas, está relacionada à introdução de peixes carnívoros

como o tucunaré (*Cichla monoculus*) e a curvina (*Plagioscion squamosissimus*), predadores naturais dos peixes herbívoros, que mantinham baixas as populações destas plantas. O tucunaré, originário da bacia amazônica, foi antropicamente introduzido na bacia do Prata após a formação dos reservatórios (Sociedade Rural Brasileira, 2004), e a curvina, também exótica, foi introduzida nos reservatórios do Estado de São Paulo nos anos sessenta (Nomura, 1984).

Atualmente as plantas de egérias estão distribuídas por várias partes do mundo, desde o Japão aos EUA, tendo sua disseminação ocorrido através da comercialização como planta ornamental para aquários caseiros (Martins et al., 2003a).

Chapman et al. (1974) citaram que o deslocamento de infestações de *C. demersum* em direção a usinas hidrelétricas da Nova Zelândia provocava a interrupção da geração de energia, pois os equipamentos de remoção mecânica eram incapazes de manter as grades das turbinas limpas.

Também na Nova Zelândia, Howard-Williams et al. (1996) afirmaram que lagos e rios sofreram invasões de plantas submersas exóticas, formando grandes infestações monoespecíficas, em substituição às espécies nativas, onde se destacam as espécies *C. demersum* e outras da família Hydrocharitaceae, principalmente *Egeria densa* Planch.

Wells et al. (1997) relataram que *E. densa* e *C. demersum* eliminaram, no período de dez anos, todas as outras espécies no lago Tarawera (Nova Zelândia), em profundidades entre 2,0 a 10,0 metros, com predomínio de *E. densa*, e entre 10,0 a 14,5 metros, com predomínio de *C. demersum*.

Segundo Cook e Urmi-König (1984) o gênero *Egeria* é composto por duas espécies perenes, nativas da América do Sul, disseminadas por reprodução vegetativa: *E. densa* e *Egeria najas* Planch. A espécie *E. densa* tem sua descrição muito bem detalhada nas bibliografias relacionadas (Lorenzi, 2000; Kissmann, 1997), porém, a *E. najas* não apresenta ainda uma descrição

pormenorizada, notadamente nos principais meios de divulgação científica. É provável que, à medida que as pesquisas isoladas sobre a espécie vão sendo realizadas e divulgadas, haja num futuro próximo, subsídios para que a sua descrição seja também realizada com detalhes. Mori et al. (1999), referem-se a este assunto, citando a importância de uma boa caracterização das populações de plantas com o intuito de se estabelecer controles apropriados, minimizar custos e garantir a repetitividade dos resultados de campo.

No reservatório de Itaipu, as plantas submersas também são predominantes. Segundo Thomaz e Bini (1999), após a formação do lago o número de espécies aquáticas passou de 24 para 62, sendo que quatorze destas são submersas. Madsen et al. (2001) explicam que a redução no fluxo de água, ou seja, o alagamento foi o principal motivo para o incremento desta vegetação.

No reservatório da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa em Goiás, também ocorreu um aumento significativo da vegetação aquática após o estabelecimento do lago (De Felippo et al., 1999). Nos reservatórios da CESP no Estado de São Paulo, Tanaka et al. (2002b) verificaram a presença de 29 espécies aquáticas, sendo as principais as seguintes: *E. najas* (submersa), *Brachiaria arrecta* (Hack.) Stent. (emersa), *Polygonum lapathifolium* L. (emersa) e *Eichhornia crassipes* (flutuante). Mais especificamente no reservatório de Jupiá, onde predominam as plantas submersas, Príncipe et al. (1997) constataram que no período de 1990 a 1997 foram substituídas 757 unidades de grades de proteção que se apresentavam rompidas ou deformadas pela pressão exercida por grandes massas de vegetação aquática.

Na Inglaterra, Clarke e Wharton (2001) analisaram o sedimento de dezessete rios e procuraram relacionar com as plantas aquáticas infestantes. Os autores encontraram uma grande variabilidade (valores de fósforo total variando de 154 g/g a 2247 g/g) que dificultou o estabelecimento de modelos que relacionassem as características do sedimento de cada rio com as plantas

aquáticas existentes.

Em canais de irrigação no Egito, Khedr e El-Demerdash (1997) observaram um aumento da vegetação de plantas submersas nas regiões onde os canais estavam mais assoreados. Walker (1971) citou que algumas espécies submersas e o aguapé causavam problemas em lagos, riachos e canais de navegação nos EUA em 1963, com uma área de infestação que abrangia 862.514 hectares em todo o país, naquela época.

No reservatório de Salto Grande, em Americana, SP, a área infestada com plantas aquáticas teve uma evolução significativa após a introdução e eutrofização do lago. Segundo Velini et al. (2002), a área total infestada com macrófitas em tal reservatório, era de 2,5 ha em 1985; 33 ha em 1990; 81 ha em 1995; 142 ha em 2000 e 191 ha em 2001, havendo, atualmente, um incremento médio mensal de 2,3%.

Nos reservatórios da companhia Light (Vigário e Pereira Passos), no Rio de Janeiro, Velini (1998) constatou que as plantas aquáticas já eram motivo de grande preocupação, com custos anuais bastante altos para o controle mecânico de macrófitas. Segundo Martins et al. (2003) as principais infestantes em tais reservatórios são: *B. arrecta*; *E. densa*; *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth.; *E. crassipes*; *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.; *Panicum rivulare* Trin.; *P. stratiotis*; *Polygonum* spp.; *Sagittaria montevidensis* Cham. e Schlecht; *Salvinia auriculata* (Micheli) Adans; e *Thypha domingensis* L..

Entre as plantas flutuantes, o aguapé é considerado uma das espécies mais importantes do mundo (Swarbrick, 1981). Segundo Marcondes e Tanaka (1997) trata-se de uma planta daninha aquática emersa capaz de aumentar sua massa verde em 15% ao dia, dobrando-a a cada seis ou sete dias, acumulando 800 kg de massa vegetal/ha/dia e, quando em condições ótimas, produz até 480 toneladas de massa vegetal/ha/ano, com um incremento de volume de 4,8% ao dia. Os autores explicam que um lago coberto por aguapés perde de duas a oito vezes mais água

por evapotranspiração do que o normal.

Cardoso et al. (2002) estudando amostras de aguapé de várias regiões do Rio Tietê, observaram uma elevada variabilidade genética entre as plantas. Segundo os pesquisadores, esta é uma característica positiva da espécie, que auxilia em seu potencial de adaptação às diferentes condições impostas pelo ambiente.

LEVANTAMENTO

O levantamento das plantas aquáticas pode ser realizado através de sobrevôo, imagem de satélite ou levantamento de campo. O sobrevôo tem algumas restrições em função do alto custo e, também, da elevada velocidade de operação que dificulta o trabalho, mas tem sua importância no sentido de obter-se um conhecimento prévio do reservatório, antes do início das atividades de campo (Velini e Santos, 2002). Já a utilização de imagens de satélite, por sua vez, tem se apresentado como uma excelente ferramenta para complementação e confirmação dos dados do levantamento de campo.

O sensoriamento remoto da água se baseia no fato de que os componentes nela presentes afetam a sua cor, cujas mudanças são decorrentes de alterações na radiação da água, e essa variação pode ser registrada por sensores orbitais (Novo, 1989). Entretanto, as características dos sensores remotos orbitais, quanto à sua resolução espacial e espectral e os mecanismos de interação da radiação eletromagnética com a água, não definem uma variabilidade espectral que possibilite um estudo pormenorizado dos corpos d'água (Galo et al., 2002), mas é suficiente para caracterizar e quantificar a ocorrência de vegetação aquática.

Assim, se por um lado existe uma limitação técnica dos dados multiespectrais adquiridos sistematicamente a partir de plataformas orbitais, para aplicações em água, por outro lado, as imagens de satélite podem constituir-se em um recurso auxiliar valioso no processo de alocar adequadamente pontos de amostragem e mesmo de mapear a

distribuição espacial de alguns componentes presentes no corpo d'água.

Galo et al. (2002) consideram que alguns fundamentos teóricos da aplicação do sensoriamento remoto em estudos da água, são de caráter imprescindível para o entendimento do assunto abordado. Os autores explicam que, ao interagir com uma superfície, a radiação eletromagnética pode sofrer absorção ou reflexão, dependendo das propriedades desta superfície e do intervalo espectral considerado. Os comprimentos de onda nos quais a radiação é refletida são utilizados na identificação dos alvos em sensoriamento remoto.

Os sistemas de aquisição de dados de sensoriamento remoto constituem-se de equipamentos capazes de transformar a radiação eletromagnética refletida pelos alvos em um sinal passível de ser convertido em uma imagem da cena observada (Novo, 1989) que possibilita realizar análises sobre o meio ambiente.

Dentre os sistemas sensores atualmente em operação, pode ser destacado o TM - Thematic Mapper, instalado a bordo dos satélites Landsat 4 e 5. O TM constitui-se de um sensor imageador óptico multiespectral que coleta dados da superfície terrestre, simultaneamente, em sete bandas espectrais, sendo que seis dessas bandas operam na região refletida do espectro óptico e apresentam uma resolução espacial de 30 metros no terreno e, a outra banda espectral, designada como TM6, capta a radiação termal e tem uma resolução espacial de 120 metros (Galo et al., 2002).

Em 1999 foi lançado com sucesso um novo satélite americano: o Landsat 7, cujo sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) tem características técnicas que são um aprimoramento do Thematic Mapper. Em comparação com o TM, o sensor ETM+ mantém a designação e a resolução espacial das bandas do espectro refletido em 30 metros, mas a banda termal, apesar de continuar sendo a de número 6, teve sua resolução espacial melhorada para 60 metros, e houve também a incorporação de uma banda

pancromática (definida no intervalo espectral entre 0,52 m e 0,90 m), com resolução de 15 metros (Sheffner, 1999).

Em setembro de 1999, com o sucesso do lançamento do satélite IKONOS II, a comunidade de sensoriamento remoto passou a dispor das imagens de alta resolução geradas a partir dessa plataforma. Os dados orbitais do IKONOS são disponibilizados em dois modos de aquisição: pancromático e multiespectral. Os dados pancromáticos, apresentam resolução espacial de 1 metro no terreno e abrangência espectral de 0,45 a 0,90 m. As imagens multiespectrais têm resolução espacial de 4 metros e são obtidas em 4 bandas espectrais correspondentes aos intervalos de comprimento de onda entre 0,45 a 0,52 m (azul), 0,52 a 0,60 m (verde), 0,63 a 0,69 m (vermelho) e 0,76 a 0,90 m (infravermelho próximo). Independente do modo de aquisição, a resolução radiométrica é de 11 bits (2048 níveis de cinza), proporcionando um maior poder de contraste e discriminação para as imagens produzidas (INTERSAT, 2003a).

Face ao indiscutível aumento na qualidade de informação oferecida pelos dados de alta resolução, as imagens IKONOS ocupam um grande espaço de armazenamento e exigem recursos computacionais mais poderosos para o seu processamento (Galo et al., 2002). Uma outra limitação para a aquisição de imagens do satélite IKONOS é o alto custo.

Assim, considerando a qualidade e o preço, a melhor opção vinha sendo a aquisição de imagens do sensor ETM+ instalado no satélite Landsat 7. Entretanto, houve uma deterioração em seu sistema de correção radiométrica, e com a tentativa frustrada por parte do governo americano de saudar o problema, o satélite foi considerado inativo em 31/05/03 (INTERSAT, 2003b). Desta forma, com relação aos satélites americanos, a opção atual, recentemente viável, considerando as limitações de verbas em projetos de pesquisa, tem sido a aquisição de imagens do sensor TM instalado no Landsat 5.

Recentemente, tem ocorrido um

acréscimo na procura de imagens do satélite francês SPOT da empresa Spot Image. Segundo INTERSAT (2003b), o Spot 4, oferece imagens compatíveis às do Landsat 7, pois possuem órbitas similares e passam sobre os mesmos pontos da Terra. Ambos têm em comum a média resolução espacial (dez metros), ideais para aplicações em agricultura e meio ambiente. Uma das grandes vantagens é o arquivo da Spot Image, com mais de 10 milhões de imagens adquiridas desde 1986.

Em sensoriamento remoto, a radiação eletromagnética, caracterizada dentro de um intervalo de comprimento de onda, define o comportamento espectral de um alvo. Galo et al. (2002) explicam que, diferente do solo e da vegetação terrestre, a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água não é refletida, mas absorvida. A água absorve fortemente na região do infravermelho, deixando pouca radiação para ser refletida, o que resulta em um forte contraste entre a água e os limites de terra. Corpos d'água que contém clorofila em sua superfície, têm propriedades de reflectância similares às da vegetação terrestre.

No caso de plantas submersas o conteúdo de clorofila provoca uma alteração da imagem obtida em ambiente aquático. Os pigmentos fotossinteticamente ativos são responsáveis pela absorção nas regiões espectrais do azul e do vermelho, de modo que um aumento na quantidade de clorofila submersa produz uma redução da radiação refletida (Novo et al., 1994). Isto significa que o ponto de infestação é caracterizado por um escurecimento da imagem.

As interpretações das imagens de satélite são realizadas através de aplicativos que fornecem as ferramentas necessárias para a análise dos dados de sensoriamento remoto. Atualmente, o software Spring, desenvolvido pelo INPE, no Brasil, tem se mostrado bastante adequado e tem sido largamente utilizado. Segundo Velini e Santos (2002), o Spring é um programa computacional de domínio público, que incorpora a funcionalidade de bancos de dados no seu gerenciamento, além de recursos específicos

para processamento e análise de dados multiespectrais.

PREJUÍZOS

As plantas aquáticas, favorecidas pelos alagamentos e pelo material orgânico lançado nos rios, desenvolvem-se de forma desequilibrada, ocupando grandes extensões

de ambientes aquáticos. A ocorrência excessiva desta vegetação causa uma série de dificuldades relacionadas à: navegação, produção de energia elétrica, recreação, utilização da água para consumo humano e animal, além de outros problemas como a retenção de lixo (Figura 2) e a formação de microambientes que favorecem a proliferação de insetos vetores de doenças.



Figura 2. Infestação de macrófitas aquáticas associada ao lixo flutuante. Barra Bonita, SP (2001).

A importância das macrófitas na manutenção do equilíbrio natural de ambientes aquáticos, através da realização de fotossíntese e conseqüente oxigenação da água, e servindo como fonte de alimento e refúgio para peixes, aves e outros organismos, é indiscutível (Tanaka 1998; IBAMA 1998; Thomaz 2002). Entretanto, em condições de desequilíbrio, os prejuízos são muito maiores que os benefícios (Fernandez et al., 1990;

Marcondes e Tanaka 1997; Pitelli, 1998, Smith et al. 1999; Van Nes et al., 2002; Tanaka et al., 2002a; Thomaz 2002), podendo, inclusive, ocorrer morte de peixes por desequilíbrios na oxigenação. No caso de plantas submersas, a fotossíntese enriquece a oxigenação durante o dia, mas, à noite, a respiração reduz drasticamente os níveis de oxigênio da água, podendo causar a morte de peixes (Figura 3).



Figura 3. Morte de peixes durante a noite por deficiência de O₂. Tentativa de se eliminar as plantas submersas, em lagoa fechada, introduzindo peixes herbívoros. Santo Inácio, PR (2001).

CONTROLE

O conceito de indesejabilidade, no tempo e espaço, utilizado para caracterizar a plantas que são consideradas daninhas, enquadra-se perfeitamente nos casos das macrófitas quando seu crescimento acentuado causa dificuldades para a utilização dos ecossistemas aquáticos. Quando este nível de dano é atingido, passa a ser necessário a aplicação de métodos de manejo que minimizem suas populações.

O controle de plantas aquáticas é um processo que deve ser rigorosamente planejado. Os métodos de controle podem ser eficientes para as diferentes situações, mas todos possuem algumas desvantagens e riscos.

Branco (1986), em seu livro sobre hidrobiologia, relacionou os principais métodos de controle de macrófitas. Segundo o autor, o controle mecânico é bastante interessante e consiste no arrancamento das plantas por meio de máquinas ou manualmente. Entre os processos físicos foi mencionada a queima das plantas, a qual, o

autor, não considera muito recomendável por poluir a água com substâncias oxidadas da matéria orgânica; e a aplicação de substâncias pigmentadas que impedem a penetração da luz, como a nigrosina que não pode ser recomendada para águas utilizadas em abastecimento. O controle químico mencionado foi a utilização do herbicida 2,4-D, que é bastante eficaz no controle de plantas latifoliadas como os aguapés; entretanto, foi observado que são várias as restrições do uso de qualquer herbicida em águas destinadas ao consumo humano. Quanto ao controle biológico foi citada a utilização de peixes herbívoros como a tilápia.

Thomaz (2002) considera que a utilização de herbicidas diretamente no ambiente aquático deve ser precedida de uma série de medidas, que incluem testes de toxicidade, envolvendo organismos nativos da região e acompanhados pelo monitoramento dos possíveis efeitos agudos e crônicos no ecossistema.

Cardoso et al. (2003) também faz considerações sobre o controle químico. Os autores consideram o método bastante eficaz

e viável quando seguidas as recomendações específicas dos produtos, de modo que prevaleça o uso seguro ao ambiente e à saúde humana. Segundo os autores, atualmente, existem seis herbicidas registrados nos EUA para o uso em ambiente aquático, sendo os mais utilizados o 2,4-D, o glyphosate e o diquat, registrados, respectivamente, em 1946, 1956 e 1978.

No Brasil, as inúmeras exigências impostas pelo IBAMA têm dificultado o registro de produtos, sendo que, atualmente, não há nenhum herbicida registrado para o controle de aguapé, que é uma das principais macrófitas do país. O 2,4-D sempre foi utilizado, baseado em uma informação de seu registro no Ministério da Agricultura (Rodrigues e Almeida, 1998), com os dizeres: "recomendado para o controle de plantas daninhas latifoliadas em ambiente não agrícola". Entretanto, esta prática não pode ser considerada cientificamente correta, pois não são suficientes as informações sobre o impacto ambiental do produto em água (Thomaz, 2002). Além disso, um produto para ser utilizado em ambiente aquático necessita ser registrado no IBAMA.

Para o controle de plantas submersas do gênero *Egeria*, o herbicida fluridone foi registrado no Brasil em 2002 (Cardoso et al., 2003), mas o produto ainda não foi utilizado no país a nível comercial, sendo que uma de suas limitações é o alto custo, já que necessita ser aplicado várias vezes (Cavenaghi et al., 2002) em locais onde há fluxo de água. Outros herbicidas estão sendo analisados, no Brasil, com o intuito de se obter o registro no IBAMA.

Martins et al. (1999), avaliando os herbicidas 2,4-D (1200 g i.a./ha) e glyphosate (3360 g i.a./ha) no controle de *E. crassipes* (aguapé), constataram, respectivamente, controle de 98% e 96%, aos 35 dias após a aplicação dos herbicidas. Para o controle de *Typha angustifolia* L. (taboa), observaram respectivamente eficácias de 86% e 91%, aos 43 dias após a aplicação.

Van et al. (1986) observou que a aplicação de glyphosate proporcionou controle de *E. crassipes* em cerca de 90%, após 12

semanas da aplicação, sendo que os sintomas visuais de fitotoxicidade manifestaram-se como murcha gradativa, seguida de amarelecimento e progressivo escurecimento, terminando com a decomposição dos tecidos da planta após 6 a 8 semanas da aplicação.

Smith et al. (1999) verificaram controle superior a 90% para a espécie *Panicum repens* L., utilizando a dose de 4.480 g i.a./ha do herbicida glyphosate. Silva (2003) avaliando o herbicida glyphosate (3360 g i.a./ha) no controle de *T. angustifolia* obteve controle de 80% aos 45 dias após a aplicação.

Martins et al. (2002) estudando o controle químico de plantas daninhas aquáticas em caixa d'água observaram que o herbicida diquat foi eficiente no controle de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (salvinia). Para *P. stratiotes* os herbicidas 2,4-D e imazapyr não proporcionaram controle adequado, enquanto o glyphosate (3.360 g i.a./ha) mostrou-se eficiente. Para *E. crassipes* foram eficientes os herbicidas 2,4-D e glyphosate. Os herbicidas imazapyr, 2,4-D e glyphosate não foram eficientes no controle de *S. molesta*.

Com relação à retirada mecânica das plantas, uma desvantagem é o custo operacional do controle que é superior ao controle químico (Antuniassi et al., 2002), mas que acaba sendo preferido pela falta de opções de herbicidas registrados para utilização em lagos no Brasil.

Uma outra limitação do controle mecânico das plantas, diz respeito à dificuldade de se encontrar áreas para descarte, haja vista a grande quantidade de biomassa envolvida neste processo (Corrêa et al., 2003). Além disso, a hipótese de se utilizar o material para alimentação animal tem muitas limitações. Segundo Esteves (1988), as plantas aquáticas são ricas em compostos fenólicos e oxalato de cálcio, que reduzem sua palatibilidade e conseqüentemente seu valor nutritivo. A utilização deste material seria de fato, bastante interessante já que o controle mecânico é o método mais utilizado no Brasil (Antuniassi et al., 2002). Entretanto, existe ainda uma outra limitação, que é a grande

quantidade de água presente no material, que encarece muito o transporte ou exige que haja grandes áreas disponíveis para a pré-secagem.

Com relação ao controle físico existe também o sombreamento e a drenagem (Miyazaki e Pitelli, 2003), ambos limitados a ambientes pequenos. Quanto ao controle biológico, os autores citaram: o controle por fungos (*Fusarium graminearum* em *Egeria* spp.), caramujos, insetos, peixes, aves e peixe-boi. Entretanto, segundo Pitelli (1997) o controle biológico não é auto-suficiente em áreas muito infestadas por macrófitas.

Observa-se, portanto, que existem vários métodos de controle, entretanto, independente da opção a ser utilizada, existe uma unanimidade entre os pesquisadores (Cavenaghi, 2003; Martins et al., 2003a; Carvalho et al. 2003) sobre a necessidade de realizar-se estudos que visem minimizar os problemas com as macrófitas aquáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNIASSI, U.R.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. Remoção mecânica de plantas aquáticas: análise econômica e operacional. *Planta Daninha*, v. 20, p. 35-43, 2002. Edição Especial.
- BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3A Edição. São Paulo: CETESB, 1986. 616 p.
- CARDOSO, L.R. et al. Variabilidade genética de acessos de aguapé coletados no Estado de São Paulo. *Planta Daninha*, v. 20, p. 01-05, 2002. Edição Especial.
- CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; TERRA, M.A. Sensibilidade a herbicidas de acessos de aguapé coletados em reservatórios do Estado de São Paulo. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 20, p. 61-67, 2003. Edição Especial.
- CARVALHO, F.T. et al. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. *Planta Daninha*, v.21, 2003. p. 15-19. Edição Especial.
- CAVENAGHI, A.L. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a concorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do Rio Tietê. 2003. 73 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.
- CAVENAGHI, A.L. et al. Determinação de resíduo do herbicida fluridone em peixe. *Planta Daninha*, v. 20, p. 57-61, 2002. Edição Especial.
- CHAPMAN, V. J. et al. Biology of excessive weed growth in the hydroelectric lakes of the Waikato River, New Zealand. *Hydrobiologia*, v. 44, n. 4, p. 349-363, 1974.
- CLARKE, S.J.; WHARTON, G. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. *The Science of the Total Environment*, v. 266, p. 103-113, 2001.
- COOK, C.D.K.; URMI-KÖNIG, K. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, v.19, n.1/2, p. 73-96, 1984.
- CORRÊA, M.R.; VELINI, E.D.; ARRUDA, D.P. Composição química e bromatológica de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. *Planta Daninha*, v. 21, p. 07-13, 2003. Edição Especial.
- DE FELIPPO, R. et al. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa - GO. In: Henry, R. (Ed), *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*, FUNDIBIO: Botucatu-SP, cap. 11, 1999, p. 321-346.
- ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2a Edição. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1988. 575 p.

- FERNANDEZ, O.A. et al. Aquatic weed problems and management in South and Central America. In: PIETERSE, A.H.; MURPHY, K.J. Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 407-25.
- GALO, M.B.L.T. et al. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do Complexo Tietê. *Planta Daninha*, v. 20, p. 07-20, 2002. Edição especial.
- HOLM, L.; YEO, R. The biology, control and utilization of aquatic weeds, part I. *Weeds Today*, p. 07-13, 1980.
- HOWARD-WILLIAMS, C. et al. Patterns of aquatic weed regrowth following mechanical harvesting in New Zealand hydrolakes. *Hydrobiologia*, v. 340, n. 1-3, p. 229-234. 1996.
- IBAMA Apresentação. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. Anais... IBAMA, Brasília-DF, 1998. p.02-04.
- INTERSAT. Ikonos II - Imagens de alta resolução. Disponível em: <http://www.ikonos.com.br/>. Visitado em 26/01/2004(a).
- INTERSAT. Usuários buscam alternativas a imagens do LandSat 7 - 18/07/2003. Disponível em: <http://www.intersat.com.br/>. Visitado em 26/01/2004(b).
- KHEDR, A.H.; EL-DEMERDASH, M.A. Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. *Aquatic Botany*, v. 56, p. 75-86, 1997
- KISSMANN, K.G. Plantas infestantes e nocivas. Tomo I. 2a Edição. São Paulo: BASF, 1997. 824 p.
- LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas parasitas e tóxicas. 3a Edição, Nova Odessa - SP: PLANTARUM, 2000. 608 p.
- MADSEN, J.D.; CHAMBERS, P.A.; JAMES, W.F.; KOCH, E.W.; WESTLAKE, D.F. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, v. 444, p. 71-84, 2001.
- MARCONDES, D.A.S.; TANAKA, R.H. Plantas aquáticas nos reservatórios das usinas hidrelétricas da CESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu, MG. Workshop de Plantas Aquáticas... Viçosa, MG: SBCPD, 1997. p. 02-04.
- MARCONDES, D.A.S. et al. Problemas com plantas daninhas aquáticas submersas em reservatórios de usinas hidrelétricas do complexo CESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. Resumos... Viçosa-MG: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 334.
- MARCONDES, D.A.S. et al. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. *Planta Daninha*, v.21, 2003. p. 69-77. Edição Especial.
- MARTINS, D. et al. Controle químico de plantas daninhas aquáticas em condições controladas - caixa d'água. *Planta Daninha*, v.17, n.2, 1999. p. 289-296.
- MARTINS, D. et al. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *E. crassipes* e *Salvinia molesta* em caixas d'água. *Planta Daninha*, v.20, 2002. p. 83-88. Edição Especial.
- MARTINS, D. et al. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light, RJ. *Planta Daninha*, v.21, 2003. p. 105-108. Edição Especial.
- MIYAZAKI, D.M.Y.; PITELLI, R.A. Estudo do

- potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. *Planta Daninha*, v. 21, 2003. p. 53-59. Edição Especial.
- MORI, E.S. et al. Caracterização genética de populações de *Egeria najas* no Reservatório de Jupuí e rios afluentes. *Planta Daninha*, v. 17, n. 2, p. 217-226, 1999.
- Nomura, H. *Dicionário dos Peixes do Brasil*. 1a Edição. Brasília: Editerra, 1984. 482 p.
- Novo, E.M.L.M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. 1a Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.
- NOVO, E.M.L.M.; BRAGA, C.Z.F.; TUNDISI, J.G. Use of TM/Landsat data to retrieve the optically active water constituents from an eutrophic tropical reservoir. In: *SIMPOSIUM RESOURCE AND ENVIRONMENTAL MONITORING*, 1, 1994, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Espacial, 1994. p. 258-262.
- PITELLI, R.A. Informes de los países. In: *REUNION REGIONAL SOBRE CONTROL INTEGRADO DEL LIRIO ACUATICO*, 1, 1997, Cuernavaca, México. *Memoria...* Cuernavaca, Méx.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1997. p 14-16.
- PITELLI, RA. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: *WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS*, 1998, Brasília. *Anais...* IBAMA, Brasília-DF, 1998, p. 32-35.
- PRINCIPE, C.R.; KURATANI, H.; MELONI, M.L.B Impacto da afluição de elódeas na operação e manutenção da usina hidrelétrica Eng. Souza Dias (Jupuí)-CESP. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, 21, 1997, Caxambu, MG. *Workshop de Plantas Aquáticas...* Viçosa, MG: SBCPD, 1997. p. 5-8.
- RIEMER, D.N. *Introduction freshwater vegetation*. 1a Edição (Parte II). Westpost, EUA: Edition Orig., 1984, 218 p.
- ROCHA, A.A. O Rio Tietê e sua história. Disponível em: http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/na_historia.htm. Visitado em 26/01/2004.
- RODRIGUES, S.B.N.; ALMEIDA, F.S. *Guia de Herbicidas*. 4a ed. Edição dos autores. Londrina, 1998. 648p.
- SHEFFNER, E. Landast 7. Disponível em: <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/17.html>. Visitado em 05/06/1999.
- SILVA, J.R.V. Controle químico e deposição da calda de pulverização em dois estágios de desenvolvimento de plantas de *Thpha subulata* Crespo e Peres-Moreau. Botucatu: UNESP-FCA, 2003. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003.
- SMITH, B.E.; LANGELAND, K.A.; HANLON, C.G. Influence of foliar exposure, adjuvants and rain-free period on the efficacy of glyphosate for torpedograss control. *Journal of Aquatic Plant Management*, University of Florida, EUA: IFAS Research and Education Center Fort Lauderdale, v.37, 1999. p. 13-16.
- SOCIEDADE RURAL BRASILEIRA. *Piscicultura: Tucunaré*. Disponível em: <http://criareplantar.com.br/pecuaria/peixe>. Visitado dia 16/01/2004.
- SWARBRICK, J. T. Weeds of Australia: *Salviniaceae, Primulaceae, Pontederiaceae*. *Aust. Weeds*, v. 1, n. 10, p. 21-27, 1981.
- TANAKA, R.H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: *WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS*, 1998, Brasília. *Anais...* IBAMA, Brasília-DF, 1998. p.36-38.

- TANAKA, R.H. et al. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. Planta Daninha, v. 20, 2002. p. 99-111, Edição Especial.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: Um estudo na represa Itaipu. In: R. Henry (Editor). Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais, FUNDIBIO: Botucatu-SP, cap. 20, 1999, p. 597-626.
- THOMAZ, S.M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. Planta Daninha, v. 20, 2002. p. 21-33, Edição Especial.
- VAN, T. K.; VANDIVER, V.V.; CONANT, R.D. Effect of herbicide rate and carrier volume on glyphosate phytotoxicity. Journal of Aquatic Plant Management, University of Florida, EUA: IFAS Research and Education Center Fort Lauderdale, v.24, 1986. p. 66-69.
- VAN NES, E.H.; SHEFFEB, M.; VAN DEN BERG, M.S.; COOPS, H. Aquatic macrophytes: restore, eradicate or is there a compromise. Aquatic Botany, v. 72, 2002. p. 387-403.
- VELINI, E. D. Controle mecânico de plantas aquáticas no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, Anais... IBAMA, Brasília-DF, 1998. p. 32-35.
- VELINI, E.D. et al. Manejo de plantas aquáticas em grandes reservatórios: riscos associados à estratégia de não ação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado, RS. Resumos... Londrina, PR: SBCPD, 2002. p. 610.
- VELINI, E.D.; SANTOS, S.C.A. Monitoramento dos problemas com macrófitas nos reservatórios da AES - Desenvolvimento de programas de manejo integrado das principais espécies presentes. Relatório de Pesquisa, Botucatu, 2002. 58 p.
- WALKER, C. R. Problems in clearance and registration of herbicides for aquatic areas. Hyacinth Control Journal. v.9, n.1, p.5-17, 1971.
- WELLS, R. D. S.; DE WINTON, M. D.; CLAYTON, J. S. Successive macrophyte invasions within the submerged flora of Tarawera, central North Island, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshwat. Res., v. 31, n. 4, p. 449,459, 1997.

