UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

EFICÁCIA DE FLURIDONE PARA O CONTROLE DE *Egeria* spp. EM CAIXAS D'ÁGUA E EM REPRESA DE PEQUENO PORTE SEM FLUXO DE ÁGUA

ROBSON HITOSHI TANAKA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura

BOTUCATU - SP
Março – 2.001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

EFICÁCIA DE FLURIDONE PARA O CONTROLE DE *Egeria* spp. EM CAIXAS D'ÁGUA E EM REPRESA DE PEQUENO PORTE SEM FLUXO DE ÁGUA

ROBSON HITOSHI TANAKA

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura

BOTUCATU - SP
Março – 2.001

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
DIRETORIA DE SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA
UNESP - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Tanaka, Robson Hitoshi
T161e **Eficácia de fluridone para o controle de *Egeria* spp. em caixas d'água e em represa de pequeno porte sem fluxo de água / Robson Hitoshi Tanaka. -- Botucatu, 2001**
v, 51 f. : il. color. (algumas p&b) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2001
Orientador: Dagoberto Martins
Bibliografia: f. 41-46

1. Plantas aquáticas 2. Plantas aquáticas - Herbicida 3. Defensivos vegetais 4. *Egeria* spp. I. Título

Palavras-chave: Planta aquática; Fluridone; *Egeria densa*; *Egeria najas*.

SUMÁRIO

Página

1 RESUMO 1

2 SUMMARY 3

3 INTRODUÇÃO 5

4 REVISÃO DE LITERATURA 8

5 MATERIAL E MÉTODOS 18

5.1 Experimento em caixas d'água. 18

5.2 Experimento em uma represa de pequeno porte, sem fluxo d'água. 21

5.2.1 Aplicação de fluridone 22

5.2.2 Metodologia para determinação das concentrações de fluridone 25

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27

6.1 Experimento em caixas d'água. 27

6.2 Experimento em uma represa de pequeno porte, sem fluxo d'água. 34

7 CONCLUSÕES 39

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

9 APÊNDICE 47

LISTA DE QUADROS

Quadro Página

1 Características físico-químicas do solo utilizado no experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998 19

2 Tratamentos testados no experimento de controle de *Egeria* spp. em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998. 20

3 Médias das notas atribuídas nas avaliações visuais de toxicidade de fluridone a plantas de *Egeria densa* Planchon aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a aplicação. Barra Bonita/SP, 1.998..... 28

4 Médias das notas atribuídas nas avaliações visuais de toxicidade de fluridone a plantas de *Egeria najas* Planchon aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a sua aplicação. Barra Bonita/SP, 1.998. 33

5 Teores de oxigênio, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez da água da represa de pequeno porte, antes e após as aplicações de fluridone para controle de *E. najas*. Ilha Solteira/SP, 1.998/99..... 34

6 Estimativa de biomassa fresca e seca de *Egeria najas* na represa de pequeno porte, antes e 87 dias após a aplicação inicial de fluridone. Ilha Solteira/SP, 1.999..... 37

LISTA DE FIGURAS

Figura Página

1 Concentrações inicial e final de fluridone no experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998. 30

2 Curva da concentração (porcentagem da inicial) de fluridone, em função do tempo, na represa de pequeno porte. Ilha Solteira/SP, 1.998/99. 35

3 Concentrações de fluridone na represa de pequeno porte durante o período experimental. Ilha Solteira/SP, 1.998/99 36

4 *Egeria densa* Planchon (à esquerda) e *Egeria najas* Planchon (à direita)..... 48

5 Clorose das brotações: sintoma de intoxicação de *Egeria densa* por fluridone 48

6 Clorose das brotações: sintoma de intoxicação de *Egeria najas* por fluridone 49

7 Vista geral do experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP 49

8 Sintomas de intoxicação de planta de *E. najas* por fluridone. Barra Bonita/SP..... 50

9 Vista aérea da represa sem fluxo d'água. Ilha Solteira/SP 50

10 Represa sem fluxo d'água, antes do início do experimento. Ilha Solteira/SP 51

11 Represa sem fluxo d'água, final do experimento. Ilha Solteira/SP 51

1 RESUMO

O presente projeto teve por objetivo avaliar a eficácia do herbicida fluridone para o controle das plantas aquáticas do gênero *Egeria* e seu efeito na qualidade da água em caixas d'água e em represa de pequeno porte, sem fluxo de água. No experimento em caixas d'água, foram avaliados os efeitos de doses crescentes de fluridone, nas formulações líquida e granulada, sobre as espécies *Egeria densa* Planchon e *Egeria najas* Planchon. Foram testadas as concentrações de 10, 20, 40, 80 e 150 ppb de fluridone na formulação líquida e 20, 40, 80 e 150 ppb na granulada. Utilizou-se 40 caixas d'água de fibra de vidro, com volume de 320 litros e cada uma constituiu uma parcela, com vinte plantas de cada espécie, cultivadas a partir de fragmentos apicais de 0,2 m de comprimento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Realizou-se uma única aplicação, avaliando-se os sintomas de intoxicação das plantas aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a aplicação, realizada em junho de 1.998. Os resultados indicaram que o fluridone, nas concentrações de 80 e 150 ppb, em ambas as formulações, foi eficaz no controle das duas espécies. Nos tratamentos com concentrações de 10, 20 e 40 ppb na formulação líquida e de

20 e 40 ppb na formulação granulada, constatou-se a recuperação das plantas na última avaliação, realizada aos 63 dias após a aplicação do herbicida. Nestes tratamentos e nesta época, os resíduos de fluridone na água eram inferiores a 10 ppb. Nas condições do experimento, *Egeria najas* mostrou-se mais sensível que *Egeria densa* na primeira avaliação, porém o resultado final foi similar. No experimento em represa de pequeno porte sem fluxo de água, avaliou-se o efeito da manutenção das concentrações de fluridone no controle de *Egeria najas*. Uma represa de 1.980 m² foi tratada com sete aplicações de fluridone, na formulação líquida, visando a manutenção das concentrações do ingrediente ativo na água entre 10 e 20 ppb. Devido à dificuldade em se avaliar com precisão o volume da represa e às variações no volume da mesma provocadas pelas chuvas, as concentrações variaram entre 3,4 e 23,6 ppb no período de 87 dias. Os resultados indicaram que o controle proporcionado pelo herbicida foi superior a 99% e que sua meia vida foi de 11,8 dias. Não houve modificação significativa nas características relacionadas à qualidade da água, analisadas durante o experimento.

EFFICACY OF FLURIDONE FOR *Egeria* spp. CONTROL IN TANKS AND IN A SMALL POND WITHOUT WATER FLOW. Botucatu, 2001. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ROBSON HITOSHI TANAKA

Adviser: DAGOBERTO MARTINS

2 SUMMARY

This project aimed to evaluate the efficacy of the herbicide fluridone to control aquatic plants from the genus *Egeria* and its effect on water quality in outdoor tanks and a small size pond. The experiment in tanks had the purpose to evaluate the effect of increasing rates of fluridone in two formulations, liquid and pellet, in the control of the species *Egeria densa* Planchon and *Egeria najas* Planchon. Concentrations of 10, 20, 40, 80 and 150 ppb of the liquid formulation and 20, 40, 80 and 150 ppb of the pellet were used. Forty fiberglass tanks with 320 liters of volume were used. In each tank, 20 plants of each species were planted using apical cuttings of 0,2 m. The experimental design used was randomized blocks, with 10 treatments and 4 replications. A single application of the herbicide was made in July 1998 and evaluations of symptoms were done at 8, 15, 29, 35, 51 and 63 days after the application. Results showed that fluridone, at 80 and 150 ppb of both liquid and pellet formulations, was efficient to control both species. Concentrations of 10, 20 and 40 ppb of the liquid formulation and 20 and 40 ppb of the pellet allowed the plants to regrowth at the last evaluation. In those treatments, fluridone residues in water, analyzed at 63 days after the herbicide application, were lower than 10 ppb. In the experimental condition of outdoor tanks,

Egeria najas showed to be more sensitive to the herbicide in the former evaluation, but the final result was similar to that obtained for *Egeria densa*. In the experiment at the small size pond, the effect of keeping the fluridone concentration for an extended period of time on the control of *Egeria najas* was evaluated. One 1,980 square meter pond was treated seven times with fluridone, aiming to keep herbicide concentrations in water between 10 and 20 ppb. Due to the difficult to measure the volume of pond with precision and the changes in volume caused by rainfall, concentrations of fluridone in water ranged from 3.4 to 23.6 ppb for 87 days. Results showed that the control was higher than 99% and half-life of fluridone was 11.8 days. There was no meaningful change on water quality during the experiment.

Keywords: *Egeria densa*, *Egeria najas*, fluridone, aquatic plant.

3 INTRODUÇÃO

As plantas aquáticas desempenham importantes funções para manutenção do equilíbrio de ambientes aquáticos. Elas são um elo fundamental da cadeia alimentar, promovem a oxigenação da água e a absorção de nutrientes, além de constituírem locais de refúgio para peixes e outros organismos. Também atuam na proteção e estabilização das margens de corpos hídricos, minimizando os efeitos da ação erosiva de ondas.

No entanto, quando este equilíbrio é alterado, uma das conseqüências imediatas é o desenvolvimento excessivo das plantas aquáticas. Grandes infestações destas plantas tornam-se um sério problema, pois elas podem impedir a captação de água para irrigação e outros usos, prejudicar o crescimento de peixes e interferir na geração de energia, na navegação, na pesca e na prática de esportes. O crescimento excessivo de plantas aquáticas pode ainda reduzir a vida útil de lagos e represas pelo aumento da taxa de evapotranspiração e pelo aumento da sedimentação, provocado pela redução da vazão.

As plantas aquáticas e seu controle são freqüentemente considerados pouco importantes quando comparados com outros temas da ciência de plantas daninhas. A

menor importância dada ao assunto deve-se, em parte, ao fato da extensão dos ambientes hídricos ser substancialmente menor do que a das áreas cultivadas; deve-se também à dificuldade de quantificar-se os prejuízos que as plantas aquáticas provocam aos diversos usos da água, dificultando uma avaliação criteriosa sobre a real necessidade de controlá-las. Porém, comparados com outras áreas da ciência de plantas daninhas, os problemas associados ao controle de plantas aquáticas são mais complexos, devido à maior complexidade dos ambientes aquáticos e à diversidade de usos da água de um determinado corpo hídrico.

Para Murphy (1988), os programas de manejo de plantas aquáticas devem abranger uma ampla gama de fatores científicos, operacionais, ambientais, econômicos e sociológicos para que tenham os resultados desejados. O controle de plantas aquáticas pode ser realizado utilizando-se os métodos mecânico, químico, biológico e físico. O método ou conjunto de métodos a ser utilizado é determinado pelos tipos de plantas presentes, usos da água, recursos disponíveis e legislação.

Os herbicidas são componentes importantes nos programas de controle das plantas aquáticas, pois representam um método rápido, barato e eficiente de controlá-las. Para Murphy & Barrett (1990), os herbicidas são ferramentas poderosas mas requerem conhecimento para que sejam utilizados de forma segura e eficaz.

Em diversos países, um dos herbicidas mais utilizados para o controle de plantas aquáticas é o fluridone, aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, desde 1.986, para o manejo seletivo de vegetação aquática em tanques, lagos, reservatórios, rios e canais de drenagem e de irrigação (Sepro, 1994). O herbicida é considerado eficaz para o controle de várias espécies submersas, especialmente da família Hydrocharitaceae, na qual se incluem algumas das espécies mais invasoras, como *Hydrilla*

verticillata (L.f.) Royle., *Egeria densa* Planchon e *Elodea canadensis* L. (Arnold, 1979; McCowen, 1979).

O controle eficaz de infestações de plantas aquáticas permite a utilização da água de corpos hídricos para múltiplas finalidades como a geração de energia hidrelétrica, a navegação, a pesca, a irrigação, o turismo e outros usos da água.

O presente projeto objetivou avaliar a eficácia do herbicida fluridone para o controle de plantas aquáticas do gênero *Egeria* e seu efeito na qualidade da água, em caixas d'água e em uma represa de pequeno porte, sem fluxo de água.

4 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento de concentrações urbanas e pólos agrícolas cria uma enorme dependência por água, em quantidade e qualidade adequadas, para as atividades humanas. Esta dependência é mais evidente em regiões industrializadas, onde o consumo de água é crescente e onde sua qualidade é reduzida pelo lançamento de efluentes diretamente nos corpos hídricos. A utilização de fertilizantes e defensivos na agricultura também modifica drasticamente os ambientes aquáticos, seja pela introdução de substâncias tóxicas, seja pela eutrofização artificial - aumento da concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (Esteves, 1988). Em muitos corpos hídricos, a principal conseqüência da eutrofização é o desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas, com efeitos sobre os usos e a qualidade da água.

Para Patton & Starnes (1970), o desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas é conseqüência de um problema ainda maior, a eutrofização. O fato de ambientes hídricos tornarem-se infestados por plantas aquáticas é uma indicação que a água apresenta um problema de difícil solução, o excesso de nutrientes, provenientes de várias fontes,

incluindo esgoto doméstico, erosão de terras agrícolas, resíduos industriais e agrícolas e decomposição de plantas e outros organismos.

As plantas aquáticas, na definição de Cook (1996), são plantas vasculares cujas partes fotossinteticamente ativas estão temporária ou permanentemente submersas ou flutuantes na superfície da água. Segundo o autor, dos cerca de 12.500 gêneros de plantas vasculares, 3,26% deles possuem espécies aquáticas.

Os problemas provocados pelo desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas não são recentes e nem limitados geograficamente. Muitas das plantas aquáticas que invadiram áreas pelo mundo foram deliberadamente cultivadas por seu valor econômico ou decorativo ou foram acidentalmente introduzidas, juntamente com outras (Cook, 1996).

Em vários países, o crescimento de plantas aquáticas tem prejudicado a utilização da água para a navegação, a geração de energia em usinas hidrelétricas e a captação de água para irrigação e consumos humano e animal. Sua proliferação tem também proporcionado a criação de ambientes para desenvolvimento de vetores de doenças (Allen et al., 1977; Frank, 1979; Gartrell et al., 1981; Anderson & Dechoretz, 1982; Esteves, 1988; Khattab & Gharably, 1990).

Hughes (1976) relatou os problemas provocados por plantas aquáticas na Nova Zelândia, em canais de drenagem, na geração de energia hidrelétrica e na recreação, Os custos de controle atingiram um milhão de dólares anuais, gastos principalmente para manutenção de canais de drenagem na agricultura.

Burkhalter (1975) estimou que cerca de 140.000 hectares de corpos d'água estavam infestados por plantas aquáticas exóticas no Estado da Flórida, com

predomínio de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *E. densa*, *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle, *Myriophyllum spicatum* L. e *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb..

No Brasil, as plantas aquáticas representam grandes problemas em três ambientes alterados pelo homem: i) lagos e reservatórios eutrofizados, próximos a centros urbanos; ii) represas rurais e canais de irrigação e de drenagem e iii) grandes reservatórios de usinas hidrelétricas (Pitelli, 1998). Nesta última situação encontram-se casos como o descrito por Marcondes et al. (1997), em que a Companhia Energética de São Paulo constatava problemas na geração de energia hidrelétrica, provocados por plantas submersas dos gêneros *Egeria* e/ou *Elodea* devido ao seu acúmulo nas grades de proteção das turbinas, reduzindo o fluxo de água.

Dentre as plantas aquáticas submersas, as espécies pertencentes à família Hydrocharitaceae estão entre as que provocam os maiores problemas, como *H. verticillata* no Estado da Flórida, Estados Unidos e *E. densa* na Nova Zelândia (Fox et al., 1994; Howard-Williams et al., 1996). Esta família é composta por 17 gêneros.

O gênero *Egeria* é composto por duas espécies, ambas dióicas, submersas, perenes e amplamente disseminadas na América do Sul. Permanentemente submersas, disseminam-se principalmente por reprodução vegetativa de fragmentos. Uma das espécies, *E. densa*, tornou-se planta de aquário muito popular, mas ao mesmo tempo, estabeleceu-se em inúmeras regiões do mundo, tornando-se uma séria planta daninha. *E. najas* permanece confinada na América do Sul, de Minas Gerais até o norte do Uruguai. (Cook & Urmi-König, 1984)

Para Countryman (1970), a ampla distribuição de *E. densa* é resultado de seu cultivo em aquários ou lagos ornamentais. A espécie é comercializada nos Estados

Unidos desde 1.915, quando um comerciante a descreveu como uma “planta de rápido crescimento e uma das melhores oxigenadoras”.

Segundo Kissmann (1991), por ser uma planta muito apreciada em aquários, sua comercialização é o principal meio de disseminação e introdução em novas áreas. Para Cook & Urmi-König (1984), a disseminação de *E. densa* é, provavelmente, o resultado direto da atividade humana, mais que qualquer outro agente natural de dispersão, sendo talvez a planta de aquário mais disseminada mundialmente.

E. densa tem a tendência de dominar o ambiente devido ao seu crescimento vigoroso, produzindo grandes infestações sem permitir o desenvolvimento de outras espécies (Cook & Urmi-König, 1984). No lago Biwa, Japão, num período de cinco anos, a biomassa de *E. densa* atingiu 93% da biomassa total do lago (Tanimizu & Miura, 1976, citado por Cook & Urmi-König, 1984).

A velocidade com que *E. densa* passa a provocar prejuízos aos usos da água torna importante a realização de estudos sobre sua biologia e formas de manejo das populações. Neste sentido, nota-se a escassez de estudos sobre a espécie no Brasil, pois quase a totalidade de trabalhos de biologia e controle da espécies foi efetuada em outros países, como nos Estados Unidos, Japão, Austrália e Nova Zelândia, considerando-a uma espécie exótica e nociva.

Solymosy & Gangstad (1974), ao avaliar a distribuição de *E. densa* nos EUA, encontraram plantas da espécie nos Estados de Massachusetts, Flórida, Texas, Utah, Califórnia, Oregon e Washington.

Segundo Getsinger & Dillon (1984), *E. densa* tornou-se uma séria planta daninha em lagos e rios, na região Sudeste dos Estados Unidos. Desde 1.966, a planta

ocupou mais de 8.000 ha dos 39.366 ha do lago Marion, na Carolina do Sul. Esta alta infestação ameaça as funções do reservatório, que incluem o controle de enchentes, a geração de energia hidrelétrica, a navegação e a recreação.

Roberts et al. (1999) associando a ecologia de plantas aquáticas aos distúrbios antropogênicos no rio Hawkensbury-Nepean, Austrália, observaram, entre 1.994 e 1.996, aumentos significativos na biomassa de *E. densa*, evidenciando que uma espécie nativa, *Vallisneria americana* Michx., estava sendo substituída. Ao longo do período de estudo, ficaram evidentes o aumento da restrição à navegação e a perda de hábitats para plantas nativas. Também na Oceania, Howard-Williams et al. (1996) afirmaram que, nos últimos anos, os lagos e rios da Nova Zelândia sofreram grandes invasões de plantas aquáticas submersas exóticas, formando grandes infestações monoespecíficas, em substituição às espécies nativas. As plantas mais problemáticas são *Ceratophyllum demersum* L. e membros da família Hydrocharitaceae, principalmente *Lagarosiphon major* (Ridl.) Moss, *E. canadensis* e *E. densa*. Os autores afirmam ainda que as plantas aquáticas são uma grande ameaça para as usinas hidrelétricas da Nova Zelândia, em termos de perdas comerciais.

Wells et al. (1997) relataram que *E. densa* e *C. demersum* eliminaram, no período de dez anos, todas as outras espécies de plantas no lago Tarawera, Nova Zelândia, em profundidades maiores que 2 metros, com predomínio de *E. densa* a até 10 metros de profundidade. Tanner et al. (1990) também observaram um intervalo de dez anos entre o primeiro registro da existência de *E. densa* e seu predomínio no lago Rotorua, Nova Zelândia, em 1.986, quando estimou-se que havia predomínio de *E. densa* em 35% da área infestada por plantas aquáticas.

Coffey & Clayton (1987), em estudo no lago Pupuke, Nova Zelândia, constataram as primeiras plantas de *E. densa* em 1.980, coexistindo com outras três hidrocaritáceas. Os autores observaram que a participação de *E. densa* na população total de plantas aquáticas do lago passou de 2 %, em 1.982, para 10 %, em 1.983, atingindo 25% em 1.985, demonstrando o potencial de dominância da espécie no ambiente.

Tanner et al. (1993) constataram que as taxas de crescimento relativo de *E. densa* no lago Waahi, Nova Zelândia, no inverno e no verão foram de 12 e 40 mg/g.dia, respectivamente, representando um crescimento diário de 1,2 a 4,0 % em sua biomassa. Tais dados significam que, durante o verão, a espécie pode duplicar sua biomassa a cada 18 dias.

Os enormes prejuízos à economia e ao equilíbrio ambiental das áreas invadidas justificam os estudos de controle químico de *E. densa* que vêm sendo realizados ao longo dos anos em todo o mundo, alguns com sucesso, outros não.

Haller (1998), discutindo o controle químico de plantas aquáticas na região Leste dos Estados Unidos, observou que há apenas seis herbicidas registrados para uso aquático: 2,4-D, diquat, cobre, endothall, fluridone e glyphosate. O autor afirmou que, para o controle de *E. densa*, apenas o cobre, diquat e fluridone seriam opções.

O fluridone (1-metil-3-fenil-5-[3-(trifluorometil)-fenil]-4-(1H)-piridinona) é registrado na Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para o controle de *E. densa* e outras espécies de plantas aquáticas submersas. O herbicida fluridone tem sido amplamente utilizado, nos últimos anos, para o controle de plantas aquáticas.

De acordo com McCowen et al. (1979), o fluridone inibe a biossíntese de precursores de carotenóides. Como os carotenóides protegem a clorofila da foto-oxidação, a inibição de sua síntese diminui este sistema protetor e a clorofila torna-se suscetível à

degradação. O sintoma típico de fluridone em plantas submersas é a clorose das regiões de crescimento, que começa a aparecer entre três e seis semanas após o tratamento. A vegetação começa então a afundar e a porcentagem de áreas abertas na superfície aumenta gradualmente. De acordo com Sprecher et al. (1998), o principal sintoma de intoxicação da planta por fluridone é o branqueamento de regiões de crescimento. O herbicida inibe a ação da enzima fitoeno dessaturase, responsável pela transformação do pigmento fitoeno em caroteno na via biossintética dos carotenóides. A diminuição subsequente nos carotenóides, que normalmente protegem a clorofila da foto-oxidação sob condições de alta luminosidade, provoca clorose em tecidos jovens e resulta na eventual morte da planta.

Algumas espécies de plantas apresentam, além da clorose, brotações com coloração que pode variar de rosa a púrpura, devido à predominância de antocianina. Doong et al. (1992) constataram, em plantas de *H. verticillata* expostas a concentrações de 50 ppb de fluridone, que os níveis de antocianina quadruplicaram, enquanto os níveis de carotenóides e clorofila foram reduzidos em 100 e 80%, respectivamente.

A aplicação de fluridone para o controle de plantas submersas pouco ou nada tem em comum com as aplicações realizadas para controle de plantas daninhas terrestres. Para Netherland et al. (1993), a eficácia do fluridone é altamente dependente do tempo de exposição e da concentração do produto na água.

Fox et al. (1994) desenvolveram o conceito de dias de exposição das plantas ao fluridone, que prevê a eficácia do produto sobre *Hydrilla verticillata* em relação ao tempo de exposição e concentração. O experimento indicou que foi necessária uma exposição contínua ao fluridone, em concentrações entre 10 e 15 ppb, por um período de 8 a 10 semanas, para se obter controle da planta. A exposição contínua das plantas ao herbicida pode ser

atingida com múltiplas aplicações ou pela utilização de formulações que proporcionem uma lenta liberação do ingrediente ativo.

As formulações têm sido utilizadas há muito tempo para melhorar o desempenho dos herbicidas. Elas podem modificar a interação entre o herbicida e fatores físicos ou ambientais, resultando em maior eficácia. A formulação granulada de fluridone foi desenvolvida para controlar sua taxa de liberação na água. Os grânulos de fluridone afundam quando aplicados, ficando a maior parte do herbicida próxima ao hidrossolo. Esta situação pode resultar em maior adsorção do herbicida, especialmente em corpos hídricos com sedimentos argilosos ou orgânicos, com conseqüente redução da concentração na água e menor eficácia. Em contraste, a formulação aquosa dispersa-se em toda a coluna d'água, o que reduz a tendência de interação com o hidrossolo. A formulação granulada de fluridone pode ser melhor utilizada quando se deseja o controle de liberação do produto em áreas com hidrossolo arenoso. A formulação líquida pode ser a escolha mais apropriada para áreas com altas quantidades de argila ou matéria orgânica. (Mossler et al., 1993)

O fluridone é degradado por mecanismos fotolíticos e microbianos. Segundo Mossler et al. (1989), a fotólise é o principal processo de degradação do fluridone. Apesar do fluridone proporcionar controle de plantas aquáticas submersas em ambientes naturais, nos experimentos em tanques o produto não se mostra tão eficaz.

Wells et al. (1986) avaliaram a eficácia do fluridone para o controle de plantas aquáticas submersas na Nova Zelândia. Os estudos, conduzidos em tanques rasos e em local aberto, incluíram concentrações de fluridone de até 10 mg/l. Os autores concluíram que o fluridone é um herbicida ineficaz. Para MacDonald (1996), resultados desta ordem podem ter sido provocados pelo crescimento reduzido da planta nas condições experimentais ou pela

rápida degradação fotolítica em tanques rasos. A meia-vida do fluridone em ambientes naturais varia em função da profundidade, cobertura de plantas, transparência da água e outros fatores que afetam a degradação fotolítica. O fabricante (Sepro Corporation) relata que a meia-vida do fluridone em água varia de 5 a 60 dias e que, em tanques experimentais, a meia-vida é mais curta que a encontrada normalmente em condições de campo.

Para Netherland et al. (1997), resultados contrastantes podem ser reflexo do crescimento lento de plantas sob condições experimentais ou da degradação do fluridone, por fotólise, em tanques experimentais rasos.

Em relação aos impactos decorrentes do uso de herbicidas em ambientes aquáticos, Arnold (1979) observou que a aplicação de fluridone não alterou a qualidade da água, medida por variáveis como oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, cor, sólidos em suspensão, dureza, nitrato, condutividade elétrica, fosfato total e turbidez, nas condições de seu experimento. O autor concluiu que o produto é seguro, tem ação lenta e proporciona controle de plantas aquáticas, sem afetar o ambiente.

Para que um herbicida possa ser utilizado de forma segura, é necessário que o mesmo demonstre ser eficaz para o controle das plantas alvo, devendo apresentar baixo potencial de impactos toxicológicos sobre o homem e o ambiente, especialmente no caso de ambientes aquáticos. Neste sentido, este trabalho procurou aumentar o conhecimento sobre o controle químico de plantas aquáticas no Brasil. Na literatura tem-se que a eficácia do herbicida fluridone depende de uma série de fatores ambientais e a maioria dos estudos que atestam esta eficácia foi realizada nos Estados Unidos, com *E. densa* na condição de planta exótica. Na presente pesquisa, as plantas foram coletadas ou controladas em seu ambiente natural. No caso de *E. najas*, a situação é diferente, pois o fluridone mostrou-

se eficaz para o controle de diversas espécies da família Hydrocharitaceae, como *E. densa*, *H. verticillata* e *E. canadensis*, mas nunca testou-se seus efeitos sobre *E. najas*.

Os prejuízos provocados por estas espécies (*E. densa* e *E. najas*) e seu potencial de crescimento justificam o desenvolvimento de alternativas para o controle no Brasil.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento em caixas d'água

Este experimento teve por objetivo avaliar o efeito de concentrações crescentes de fluridone, em duas formulações, para o controle de *E. densa* e *E. najas*, em caixas d'água, sem fluxo de água. Os resultados obtidos nesta etapa subsidiaram a etapa seguinte, ao indicar a dose e a formulação mais adequada para o experimento em uma represa de pequeno porte, também sem fluxo de água.

O experimento foi instalado em abril de 1.998 na Estação de Hidrobiologia e Aqüicultura de Barra Bonita, da Companhia Energética de São Paulo. Foram utilizadas caixas d'água de fibra de vidro, com 320 litros de volume e dimensões de 0,7 m x 0,7 m x 0,9 m.

Plantas adultas foram coletadas no reservatório de Jupiá, município de Itapura-SP, acondicionadas e transportadas em sacos plásticos com água do próprio reservatório. Devido à grande distância entre o reservatório de Jupiá e a área experimental, em Barra Bonita, não foi possível utilizar água do reservatório para a implantação do

experimento. Utilizou-se, então, a mesma água utilizada na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Barra Bonita, proveniente de fonte local.

Cada caixa recebeu uma camada de 0,2 m de terra, cujas características físico-químicas são apresentadas no Quadro 1, e uma adubação com 80 gramas da fórmula 4-14-8, antes do plantio. Em cada caixa foram plantadas 20 plantas de cada espécie, utilizando-se fragmentos apicais de 0,2 m, enterradas a 4 cm no solo. As plantas foram mantidas por dois meses nos tanques antes da aplicação do herbicida. Uma aplicação de nitrogênio, de 20 gramas por caixa, foi realizada no período de crescimento das plantas. No momento em que o herbicida foi aplicado, as plantas haviam atingido a superfície da água e já encontravam-se estabelecidas. Devido ao uso de uma camada de terra para plantio de *E. densa* e *E. najas* e à borda livre de 0,05 m, a profundidade nas caixas foi de 0,65 m.

Quadro 1. Características físico-químicas do solo utilizado no experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998.

Característica química									
pH (em $CaCl_2$)	Matéria orgânica g/dm³	P resina mg/dm³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
			mMolc/dm³						
5,2	30	14	72	2,1	8,0	2,5	12,6	85,0	16

Característica física			
Areia total (%)	Argila (%)	Silte (%)	Textura do solo
18	70	12	muito argilosa

Cada caixa foi definida como uma parcela experimental. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos testados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Tratamentos testados no experimento de controle de *Egeria* spp. em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998.

Tratamento	Formulação	Concentração (ppb)
1. fluridone	suspensão aquosa[1]	10
2. fluridone	suspensão aquosa	20
3. fluridone	granulada[2]	20
4. fluridone	suspensão aquosa	40
5. fluridone	granulada	40
6. fluridone	suspensão aquosa	80
7. fluridone	granulada	80
8. fluridone	suspensão aquosa	150
9. fluridone	granulada	150
10. testemunha sem herbicida	-	0

[1] (41,7% i.a. em peso; 479 g i.a./l)
[2] (5% i.a. em peso; 50 g i.a./kg)

Os herbicidas foram aplicados em 09/06/98 em dose única. Nesta ocasião, as plantas encontravam-se com altura média de 0,5 m. Preparou-se uma solução estoque de 1,0 g i.a./l em balão volumétrico, a partir da formulação comercial líquida (Sonar AS, 479 g i.a./l). Para que fossem atingidas as concentrações de 10, 20, 40, 80 e 150 ppb nas caixas d'água, aplicou-se 3,2, 6,4, 12,8, 25,6 e 48,0 ml da solução estoque, respectivamente, em cada parcela. Nos tratamentos com a formulação granulada de fluridone (Sonar SRP, 50 g i.a./kg), o herbicida foi distribuído diretamente nas caixas. Para que fossem atingidas as concentrações de 20, 40, 80 e 150 ppb nas parcelas, aplicou-se, respectivamente, 0,128, 0,256, 0,512 e 0,960 g da formulação granulada nas caixas d'água.

As avaliações de toxicidade do herbicida às plantas foram realizadas visualmente, aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a aplicação, utilizando-se uma escala que variou de zero (nenhum sintoma) a 100 % (morte da planta). Avaliou-se, ainda, por cromatografia líquida de alta performance, a concentração final de fluridone em cada caixa, aos 63 dias após sua aplicação.

Os dados de eficácia de controle foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as comparações das médias dos tratamentos foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para a realização das análises, os dados foram transformados em arco seno da raiz quadrada de X/100.

5.2 Experimento em uma represa de pequeno porte, sem fluxo d'água

Esta etapa foi conduzida em uma represa rural, localizada no município de Ilha Solteira/SP, infestada por *E. najas*. A represa apresentava área de 1.980 m² e volume inicial de 1.072,8 m³, indicando uma profundidade média de 0,54 m. Para a condução do experimento, as entradas e saídas de água da represa foram fechadas, de modo que toda a água e o herbicida fossem mantidos confinados.

O trabalho foi iniciado em 07/11/98. Foram coletadas as plantas presentes em aros com 21 cm de raio. As amostragens foram agrupadas duas a duas, formando quatro amostras compostas, uma para cada quadrante da represa. As plantas foram pesadas após a drenagem do excesso de água e após secagem em estufa, a 75ºC, até peso constante. Os dados obtidos foram utilizados para calcular os pesos de matéria fresca e seca por hectare.

Amostras de água foram coletadas antes do início das aplicações e aos 20, 35, 52, 63, 72 e 87 dias após o início das aplicações. Avaliou-se a condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos, teor de oxigênio dissolvido e turbidez em todas estas datas. O experimento foi encerrado em 01/02/99, aos 87 dias após o início da aplicação do herbicida. No dia 18/03/99, 132 dias após a primeira aplicação, a represa foi novamente visitada para

avaliação da infestação por *E. najas* e para coleta de amostras de água para monitoramento da concentração de fluridone.

5.2.1 Aplicação do fluridone

As aplicações do herbicida fluridone, na formulação líquida, foram realizadas caminhando-se pela margem da repesa. Visando aumentar a uniformidade de distribuição do herbicida, realizou-se uma diluição prévia do produto comercial em água e a calda resultante foi aplicada na represa utilizando-se provetas.

Na primeira aplicação, realizada em 07/11/98, embora o levantamento do contorno e da profundidade da represa já tivesse sido realizado, o volume total de água foi aferido utilizando-se o próprio fluridone como indicador. A concentração inicial desejada era de 20 ppb, mas aplicou-se somente a quantidade necessária para alcançar a concentração de 15 ppb, considerando um volume inicial estimado de 1.021,3 m³. Como a concentração alcançada após esta aplicação foi de 14,28 ppb, o volume foi novamente estimado em 1.072,8 m³ e aplicou-se, em 10/11/98, o volume de herbicida necessário para que a concentração de 20 ppb fosse alcançada.

Durante a segunda quinzena de dezembro, em função das chuvas abundantes, a captação de água de áreas vizinhas à represa fez com que seu volume fosse aumentado. O procedimento descrito no parágrafo anterior foi, então, repetido estimando-se o novo volume da represa em 1.502 m³, com aumento da profundidade média para 76 cm, que foi mantida até o final do experimento.

Foram feitas sete aplicações de fluridone na represa. Para orientar as reaplicações do herbicida, a sua concentração em água foi determinada sempre antes e um dia após a aplicação do herbicida, exceto para a primeira aplicação em que só foi feita a avaliação posterior à aplicação. A avaliação das concentrações do fluridone foi feita um dia após a aplicação para que as concentrações do herbicida fossem uniformizadas na represa, minimizando os erros de amostragem.

Pretendia-se, inicialmente, manter as concentrações de fluridone entre 10 e 20 ppb. Contudo, a meia vida do herbicida foi bastante inferior à obtida no experimento em caixas d'água. Assim, para manter as concentrações do herbicida dentro da faixa inicialmente proposta, haveria a necessidade de reaplicá-lo semanalmente, tarefa considerada impossível considerando a distância da represa até o laboratório em que a análises foram processadas, o custo das análises e a quantidade de fluridone que seria aplicada. Os volumes do produto comercial utilizados foram: 32 ml em 06/11/98; 14 ml em 09/11/98; 35 ml em 24/11/98; 25 ml em 09/12/98; 40 ml em 26/12/98; 30 ml em 06/01/99 e 30 ml em 16/01/99.

Para definição dos volumes a serem aplicados em cada época, optou-se pela construção de uma curva de concentração de fluridone em função do tempo. Para isso, foram inicialmente determinadas as concentrações de fluridone imediatamente após a primeira aplicação e também 8, 10, 14 e 15 dias. Esta coleta de dados possibilitou estimar a meia vida de fluridone na represa, o que permitiu inferir sobre qual seria a concentração de fluridone na água no momento da segunda aplicação. Nas aplicações seguintes, determinou-se a concentração do herbicida imediatamente antes e um dia após sua aplicação. Estes novos

dados eram agregados às informações obtidas anteriormente, aumentando a precisão para a estimativa da meia vida de fluridone na represa.

A taxa de degradação do fluridone foi pouco alterada após o aumento de profundidade da represa, pois as curvas de dissipação do produto foram similares. Optou-se, então, por utilizar todos os dados disponíveis em uma única curva, mas os referentes à segunda quinzena de dezembro foram desconsiderados, pois foi impossível isolar as contribuições do aumento de volume e da degradação do herbicida para as reduções de concentrações observadas.

O modelo linear foi o mais adequado para representar as concentrações de fluridone ao longo do tempo. Para que todos os dados fossem utilizados nas análises, os valores de concentração final foram transformados em porcentagens das concentrações iniciais de cada período. Foi utilizado um modelo simplificado em que forçou-se a passagem da reta pelo ponto de coordenadas 0 e 100, ou seja, admitiu-se que a concentração era de 100% para o tempo zero.

5.2.2 Metodologia para determinação das concentrações de fluridone

As amostras foram armazenadas entre 0 e 4ºC até o processamento, no laboratório do Departamento de Produção Vegetal da UNESP, em Botucatu. A extração do fluridone foi feita através do fracionamento água / diclorometano, em funil de separação, utilizando-se 50 ou 200 ml de água e três lavagens com 50 ml de diclorometano. O solvente foi evaporado entre 42 e 46ºC, recuperando-se o fluridone em 2 ml da fase móvel utilizada na

análise cromatográfica. Quando utilizou-se 50 ml de água, nas avaliações feitas em novembro, o coeficiente de recuperação do fluridone foi de 84,48% com coeficiente de variação de 4,36%. Quando utilizou-se 200 ml de água, nas avaliações feitas em dezembro e janeiro, o método tornou-se mais sensível e mais preciso; embora o coeficiente de extração tenha sido reduzido para 65,80%, o seu coeficiente de variação foi de 3,53%.

A quantificação do fluridone foi feita por cromatografia líquida de alta performance, com as seguintes condições operacionais.

- **Coluna:** C18 "Shimpak" com 15 cm.
- **Fase móvel:** 65% de metanol e 35% de água purificada.
- **Fluxo:** 1,25 ml / minuto.
- **Detetor:** Ultravioleta – Comprimento de onda em 313 nm.
- **Integração:** eletrônica através do programa "Borwin 4.0".
- **Limite de detecção:** nas condições mencionadas o sistema permitiu avaliar, com precisão, as concentrações de soluções finais com 0,10 a 20 ppm, mantendo-se a linearidade entre a concentração e a área do pico. O coeficiente de determinação da reta relacionando-se as duas características foi de 0,9998. Considerando que as amostras foram concentradas 65,80 vezes (100 x 0,6580) durante o preparo, o método utilizado permite determinar concentrações tão baixas quanto 1,5197 ppb.
- **Tempo de retenção:** Nas condições descritas o tempo de retenção foi de aproximadamente 4,7 minutos.
- **Padrão analítico:** O padrão analítico, com 99,6% de pureza, foi fornecido pela empresa Sepro Corporation.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento em caixas d'água

No Quadro 3 estão apresentados os resultados da avaliação de toxicidade de fluridone às plantas de *Egeria densa*. Oito dias após a aplicação, não foram observados sintomas significativos de intoxicação nas plantas. Segundo Arnold (1979), os sintomas iniciais, caracterizados pela clorose das novas brotações, aparecem de três a seis dias após a aplicação, notando-se pouco controle até duas a quatro semanas, quando a vegetação começa a afundar. Aos 15 dias, todas as concentrações da formulação líquida (10, 20, 40, 80 e 150 ppb) e a de 150 ppb da granulada provocaram sintomas de intoxicação nas plantas. A menor eficácia da formulação granulada nas primeiras avaliações já era esperada, pois esta foi desenvolvida para uma lenta liberação do ingrediente ativo no meio. Mossler et al. (1993) observaram que, mesmo com uma leve agitação da água, foram necessárias 400 horas para que os grânulos liberassem todo o ingrediente ativo.

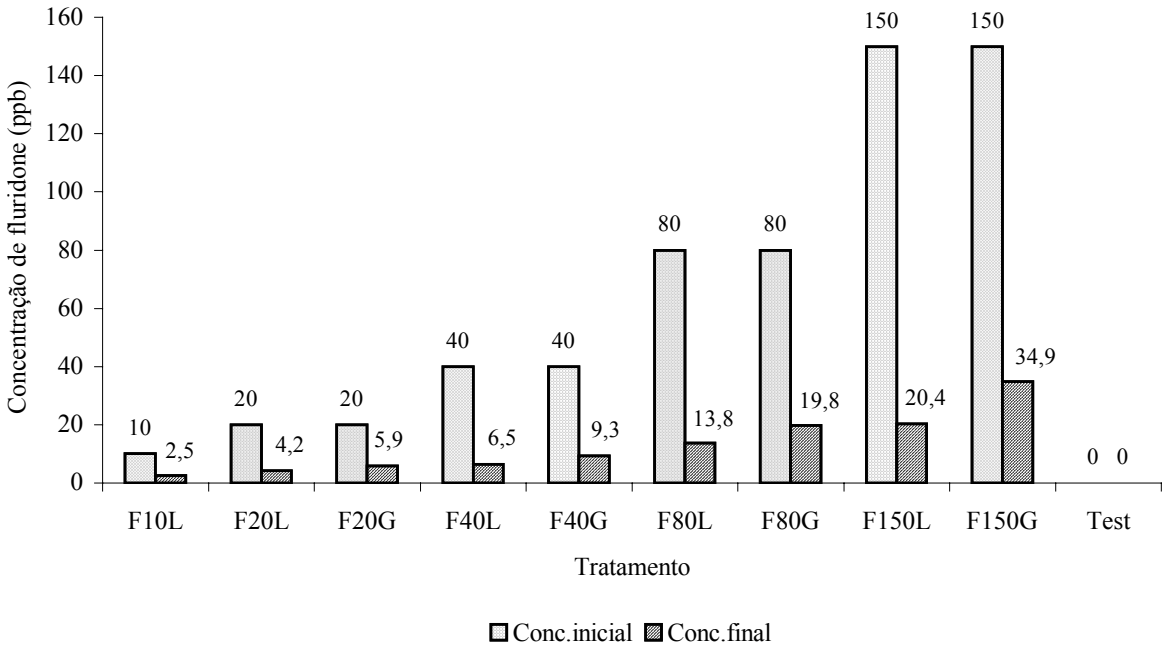
Aos 29 dias, observou-se que todas as doses e formulações haviam provocado sintomas de intoxicação, sem diferenças significativas entre os tratamentos com o herbicida. O mesmo resultado foi observado aos 35 dias. Aos 51 dias, os resultados mantiveram-se praticamente inalterados, surgindo apenas uma diferença significativa entre as notas de sintomas provocados pela maior (150 ppb) e menor (10 ppb) dose do herbicida na formulação líquida. Aos 63 dias após a aplicação do herbicida observou-se que, os tratamentos com doses de 80 e 150 ppb, independentemente da formulação, incrementaram os sintomas de intoxicação às plantas, sendo constatada a morte das plantas. Nesta última avaliação, nas doses de 20 e 40 ppb da formulação granulada e 10, 20 e 40 ppb da formulação líquida, verificou-se que as novas brotações das plantas apresentavam coloração verde, denotando um desenvolvimento normal, sem efeitos tóxicos visíveis.

Analisando-se os resultados obtidos, observou-se que o controle ou não das plantas por fluridone dependeram da dose aplicada, não havendo diferença significativa entre os sintomas provocados pelas formulações líquida e granulada. Esta diferença ocorreu apenas nas doses de 20 e 40 ppb na segunda avaliação, 15 dias após a aplicação, quando os sintomas provocados pela formulação líquida foram mais severos.

As maiores doses de fluridone (80 e 150 ppb), independentemente da formulação, foram eficazes no controle de *E. densa* por terem mantido as plantas expostas a concentrações suficientemente altas para manter os sintomas de intoxicação, impedindo o desenvolvimento normal da planta. A Figura 1 apresenta as concentrações inicial e final de fluridone em cada tratamento. Observou-se que nos tratamentos com concentração inicial de 80 e 150 ppb, que provocaram a morte das plantas, a concentração final era superior a 10 ppb. Nos tratamentos com concentrações iniciais de 10, 20 e 40 ppb,

que permitiram a rebrota normal das plantas, as concentrações finais de fluridone eram inferiores a 10 ppb. Este resultado é coerente com o obtido por Fox et al. (1994) em trabalhos com *H. verticillata*, outra espécie da família Hydrocharitaceae.

Figura 1. Concentrações inicial e final de fluridone no experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP, 1.998.



A meia vida do produto, avaliada no mesmo período em Barra Bonita pela Sepro[1] (1998), foi de 22 dias, dentro da amplitude observada pela própria empresa em diversas condições (5 a 60 dias).

---

[1] SEPRO CORPORATION (1998). Trabalho não publicado.

Netherland & Getsinger (1995) observaram que houve redução de biomassa das plantas submersas *H. verticillata* e *M. spicatum* quando as concentrações de

fluridone foram mantidas entre 4 e 25ppb. Os autores ressaltaram ainda que, sob uma perspectiva operacional, a dissipação e degradação do fluridone deve ser considerada antes de se utilizar doses abaixo de 10 ppb. Isto porque, em condições naturais, a adsorção do fluridone pela matéria orgânica, a degradação fotolítica e a troca de água podem reduzir rapidamente a concentração desejada para valores menores que aqueles que provocam injúrias às plantas.

No Quadro 4 estão apresentados os resultados das avaliações de toxicidade às plantas de *E. najas*. Oito dias após a aplicação do herbicida, diferentemente do ocorrido com *E. densa*, já puderam ser observados sintomas significativos de intoxicação por fluridone nas concentrações de 20, 40, 80 e 150 ppb, na formulação líquida, e na concentração de 150 ppb, na granulada. Aos 15 dias, em todos os tratamentos foram constatados sintomas nítidos de toxicidade às plantas, fato que se repetiu até o final do experimento. Aos 29 e 35 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos com o herbicida. Aos 51 dias, as plantas tratadas com a dose de 150 ppb de fluridone na formulação líquida apresentaram sintomas significativamente mais severos que os provocados pelas doses de 10 ppb da formulação líquida e 20 ppb da granulada. No final das avaliações, aos 63 dias após a aplicação do herbicida, observou-se decréscimo nas notas para o controle por fluridone nas doses de 20 ppb, na formulação granulada e 10, 20 e 40 ppb, na formulação líquida. Nestes tratamentos, as plantas já não apresentavam mais clorose nas regiões de crescimento, sintoma típico da ação do herbicida. Nos tratamentos com doses de 80 e 150 ppb houve sempre incremento das injúrias, atingindo valores iguais ou superiores a 97%. A explicação para este resultado é a mesma dada para o ocorrido com *E. densa*, pois a concentração final do herbicida, nestes tratamentos, era superior a 10 ppb.

Comparando-se os efeitos do herbicida sobre as duas espécies (Quadros 3 e 4), observou-se que *E. najas* mostrou-se mais sensível que *E. densa* na primeira avaliação (8 dias após a aplicação), mas ao final do experimento, o nível de controle das duas espécies foi semelhante, obtendo-se controle das plantas com as concentrações de 80 e 150 ppb de fluridone em ambas as formulações.

Os resultados obtidos em caixas d'água, permitiram concluir que mesmo as menores concentrações testadas (10 e 20 ppb de fluridone) foram capazes de provocar sintomas de intoxicação às plantas de *E. densa*, resultado semelhante ao obtido em alguns trabalhos científicos (Fox et al., 1994; Netherland et al., 1993), mas não constatado por Wells et al. (1986). Não há literatura sobre os efeitos da aplicação de fluridone sobre *E. najas*, mas o produto mostrou-se eficaz no controle de diversas outras espécies da família Hydrocharitaceae, como *H. verticillata* e *E. canadensis*, conforme relatado por Arnold (1979) e Netherland et al. (1997).

Como o produto foi capaz de provocar sintomas de intoxicação em doses baixas (10 e 20 ppb), estes resultados foram considerados para o experimento em represa sem fluxo d'água, no qual procurou-se manter uma exposição contínua da planta ao herbicida, por um período longo, a fim de obter-se o controle da planta com redução de impactos ambientais, segundo conceito utilizado por Fox et al. (1994).

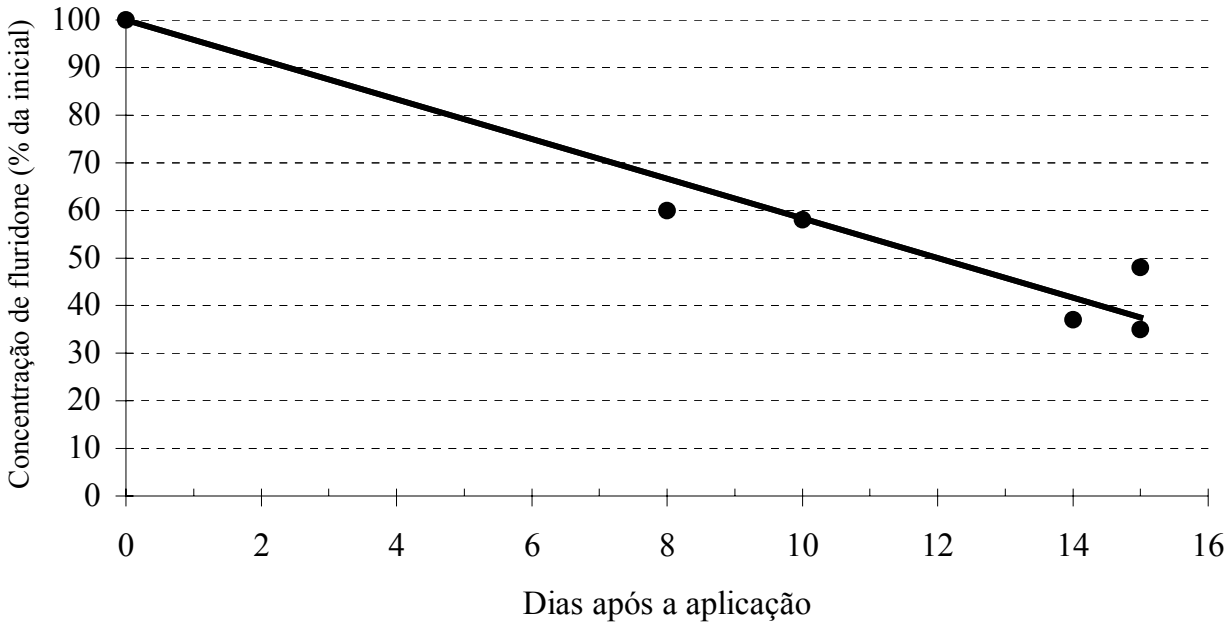
6.2 Experimento em represa de pequeno porte, sem fluxo de água

No Quadro 5 estão apresentados os valores referentes às características da água da represa nas várias avaliações realizadas durante o experimento. Ficou evidente que os teores de oxigênio dissolvido foram constantes no início do experimento e crescentes nas duas últimas avaliações, indicando que a decomposição das plantas de *Egeria najas* não comprometeu a disponibilidade deste gás. Os valores de pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos mantiveram-se praticamente constantes durante todo o ensaio, não havendo alterações que pudessem ser creditadas ao herbicida e seus efeitos. Os valores de turbidez sofreram grandes variações, mas que são relacionadas com a entrada de água proveniente das chuvas ocorridas em dezembro de 1.998. McCowen et al. (1979) também não observaram interferência de fluridone em características relacionadas com a qualidade da água, tais como pH, demanda bioquímica de oxigênio, cor, sólidos totais dissolvidos, dureza, nitrato, fosfato e turbidez.

Quadro 5. Teores de oxigênio, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez da água da represa de pequeno porte, antes e após as aplicações de fluridone para controle de *E. najas*. Ilha Solteira/SP, 1.998/99.

Dias	O_2 (ppm)	pH	Condutividade (μS/cm)	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	Turbidez (FTU)
0	3,43	7,11	196	95	4,20
20	3,22	7,01	199	101	3,85
35	3,35	7,02	185	94	3,47
52	3,58	6,95	204	102	6,28
63	3,85	7,05	207	104	5,85
72	4,15	7,08	205	97	4,67
87	4,35	7,04	198	98	3,15

Na Figura 2 encontra-se a curva de dissipação do fluridone na represa. As concentrações são apresentadas em porcentagem da concentração inicial no período de avaliação.



Concentração% = 100 – 4,2294 x Número de dias r = 0,9704 r^2 = 0,9417**

Figura 2: Curva da concentração (porcentagem da inicial) de fluridone, em função do tempo, na represa de pequeno porte. Ilha Solteira/SP, 1.998/99.

A equação indicou degradação da ordem de 4% do fluridone a cada dia e meia vida de 11,8 dias, sendo bastante baixa considerando as informações disponíveis sobre o herbicida (Netherland et al., 1993). Tal fato deve-se, provavelmente, à pequena profundidade da represa, o que facilitou a fotodecomposição do composto.

Na Figura 3 são representadas as concentrações de fluridone na água durante o período de condução do experimento.

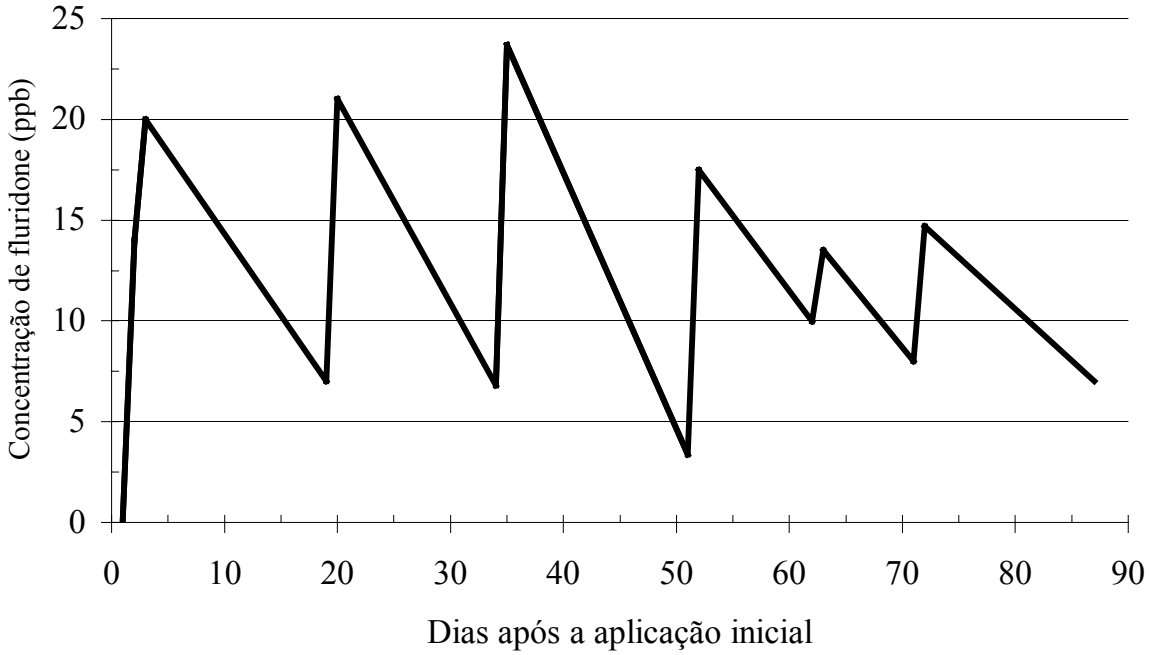


Figura 3. Concentrações de fluridone na represa de pequeno porte durante o período experimental. Ilha Solteira/SP, 1.998/99.

No Quadro 6 são apresentadas as estimativas de matéria fresca e seca das plantas de *E. najas*, no início das aplicações e aos 87 dias após a primeira aplicação. Verificou-se que o controle da planta foi completo, não tendo sido coletadas plantas nas amostragens realizadas aos 87 dias após o início do experimento, o que impossibilitou estimar os desvios padrões (SD). Avaliações realizadas aos 132 dias após a primeira aplicação, percorrendo-se toda a represa, indicaram o controle da espécie como sendo superior a 99%, sendo detectadas apenas duas plantas vivas.

Quadro 6. Estimativa de biomassa fresca e seca de *Egeria najas* na represa de pequeno porte, antes e 87 dias após a aplicação inicial do herbicida fluridone. Ilha Solteira/SP, 1.999.

Época de avaliação	Biomassa (t/ha)[1]	
	fresca	seca
Antes das aplicações	126,69	33,94
Após as aplicações	0,00	0,00

[1] Média geral de quatro amostras compostas, com aros de 42 cm de diâmetro, uma em cada quadrante da represa.

Os resultados obtidos neste experimento permitiram inferir que a manutenção da concentração de fluridone na água entre 3,4 e 23,6 ppb, por um longo período, proporcionou controle total de *Egeria najas*, demonstrando que a suscetibilidade desta espécie ao herbicida foi similar à de espécies da mesma família, como *H. verticillata*, *E. canadensis* e *E. densa* e outras espécies submersas como *M. spicatum* (Netherland & Getsinger, 1995; Fox et al., 1994).

Ressalta-se que grande parte dos estudos de controle de plantas aquáticas, especialmente de espécies submersas, é proveniente dos EUA, onde espécies como *H. verticillata* e *E. densa* figuram em listas de espécies que têm seu transporte, produção e comercialização proibidos por lei, devido aos impactos que elas provocam aos usos da água. Nestes casos, como as espécies são exóticas, os programas de manejo de plantas aquáticas tem por objetivo obter o menor nível de infestação de forma economicamente viável (Haller, 1998). Assim, as recomendações de doses e períodos de exposição das plantas ao herbicida são definidas visando reduzir drasticamente a infestação da planta aquática, erradicando-a quando for economicamente viável. No Brasil, os casos em que uma espécie de planta

aquática torna-se um problema a ser solucionado, normalmente ocorrem com espécies nativas, incluindo-se *E. densa* e *E. najas*. Nestes casos, deve ser levado em conta que inúmeras espécies de peixes, insetos, aves e outros organismos dependem destas plantas para sua sobrevivência, sendo indesejável a eliminação completa da vegetação no corpo hídrico. O manejo de plantas aquáticas deve, então, ser planejado visando minimizar os impactos provocados pelas plantas, mantendo-as em áreas onde seus aspectos benéficos suplantem seus impactos negativos.

Os resultados obtidos nos experimentos em caixas d'água e na represa de pequeno porte permitem considerar que o fluridone pode se tornar uma ferramenta importante no manejo de plantas aquáticas no Brasil, desde que seja utilizado com conhecimento adequado sobre as características do produto e da área a ser tratada.

7 CONCLUSÕES

O experimento em caixas d'água demonstrou que:

- o herbicida fluridone, nas concentrações de 80 e 150 ppb, nas formulações líquida e granulada, foi eficaz para o controle de *Egeria densa* e *Egeria najas*; as concentrações de 10, 20 e 40 ppb na formulação líquida e, de 20 e 40 ppb, na granulada permitiram uma recuperação parcial das plantas na última avaliação, realizada 63 dias após a aplicação de fluridone;
- *Egeria densa* mostrou-se mais tolerante ao herbicida fluridone que *Egeria najas* no início das avaliações, porém não houve diferença ao final do experimento.

O experimento na represa de pequeno porte, sem fluxo de água, demonstrou que:

- A manutenção da concentração do fluridone entre 3,4 e 23,6 ppb por 87 dias proporcionou controle total de *Egeria najas*;
- A meia vida do fluridone na represa foi de 11,8 dias;
- Não houve alteração significativa nas características relacionadas com a qualidade da água que pudesse ser creditada à aplicação do herbicida ou com a morte das plantas de *E. najas*.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, G.E., CONKLIN, F.S., CHESTNUT, T.L., HENLEY, D.E., MANEEWARN, T. *Short course on the control of aquatic weeds and an assessment of their economic significance in Thailand*. Corvallis: International Plant Protection Center, Oregon State University, 1977. 96p.

ANDERSON, L. W. J., DECHORETZ, N. Growth, reproduction and control of *Hydrilla verticillata* Royle (L.F.) in an irrigation system in south western U.S. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS, 6, 1982. *Proceedings...* European Weed Research Society, 1982. p.54-61.

ARNOLD, W.R. Fluridone – a new aquatic herbicide. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.17, p.30-3, 1979.

BARRETT, P.R.F., MURPHY, K.J., WADE, P.M. The management of aquatic weeds. In: HANCE, R.J., HOLLY, K. (eds.) *Weed control handbook: principles*. British Crop Protection Council. Blackwell Scientific Publications. Cambridge: The University Press, 1990.

BURKHALTER, A. P. The State of Florida aquatic weed control program. *Proceedings of a Symposium on Water Quality and Management through Biological Control*, Gainesville, p.15-9, 1975.

COFFEY, B. T., CLAYTON, J. S. Submerged macrophytes of Lake Pupuke, Takapuna, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. v.21, n.2, p.193-8, 1987.

COOK, C.D.K. *Aquatic plant book*. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. 228p.

COOK, C.D.K., URMI-KÖNIG, K. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). *Aquat. Bot.*, v.19, p.73-96, 1984.

COUNTRYMAN, W.M.D. The history, spread and present distribution of some immigrant aquatic weeds in New England. *Hyacinth Control Journal*, v.8, n.2, p.50-2, 1970.

DOONG, R.L., MACDONALD, G.E., SHILLING, D.G. Effects of fluridone on carotenoids, chlorophyll and anthocyanins in *Hydrilla verticillata*. In: THE AQUATIC PLANT MANAGEMENT SOCIETY ANNUAL MEETING, 32. 1992, Daytona Beach. *Abstracts...* The Aquatic Plant Management Society, 1992. p.21.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575p.

FOX, A.M., HALLER, W.T., SHILLING, D.G. Use of fluridone for hydrilla management in the Withlacoochee River, Florida. *J. Aquat. Plant. Manage.*, v.32, p.47-55, 1994.

FRANK, P.A. Control of aquatic weeds. *Weeds Today*, v.10, n.4, p.25-6, 1979.

GARTRELL, F. E., COONEY, J. C., CHAMBERS, G. P., BROOKS, R. H. TVA mosquito control 1934-1980 - experience and current program trends and developments. *Mosquito News*. v.41, n.2, p.302-22, 1981.

GETSINGER, K.D., DILLON, C.R. Quiescence, growth and senescence of *Egeria densa* in Lake Marion. *Aquatic Botany*, v.20, n.3-4, p.329-338, 1984.

HALLER, W. T. Options for mechanical and chemical aquatic weed control. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. *Resumos*... Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. p.46-53.

HOWARD-WILLIAMS, C., SCHWARZ, A.M., REID, V., CAFFREY, J.M. (ed.), BARRETT, P.R.F. (ed.), MURPHY, K.J. (ed.), WADE, P.M. Patterns of aquatic weed regrowth following mechanical harvesting in New Zealand hydro-lakes. *Hydrobiologia*, v.340, n.1-3, p.229-34, 1996.

HUGHES, R. W. Research into aquatic weeds in New Zealand waterways: a review. *Information Series*, n.116, 34p., 1976.

KHATTAB, A. F., EL-GHARABLY, Z. The effect of water hyacinth on the irrigation system in Egypt and its management. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON IRRIGATION AND DRAINAGE, 14, 1990, Rio de Janeiro. *Proceedings*.... p.239-49.

KISSMANN, K. G. *Plantas infestantes e nocivas*. Tomo I. São Paulo: BASF, 1991. 608p.

MARCONDES, D. A. S., TANAKA, R. H., MARTINS, D., VELINI, E. D., PITELLI, R. A. Problemas com plantas daninhas aquáticas submersas em reservatórios de usinas hidroelétricas do complexo CESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS

PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. *Resumos*... Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência da Plantas Daninhas, 1997. p.334.

MACDONALD, G.E., HALLER, W.T., SHILLING, D.G. UV-B filtration to reduce photolysis of fluridone in experimental tanks. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.34, p.78-80, 1996.

McCOWEN, M., YOUNG, C.L., WEST, S.D., PARKA, S.J., ARNOLD, W.R. Fluridone, a new herbicide for aquatic plant management. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.17, p.27-30, 1979.

MOSSLER, M.A., SHILLING, D.G., HALLER, W.T. Photolytic degradation of fluridone. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.27, p.69-73, 1989.

MOSSLER, M.A., SHILLING, D.G., MILGRAM, K.E., HALLER, W.T. Interaction of formulation and soil components on aqueous concentration of fluridone. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.31, p.257-60, 1993.

MURPHY, K.J. Aquatic weed problems and their management: a review I. The worldwide scale of the aquatic weed problem. *Crop Protection*, v.7:, n.4, p.232-44, 1988.

MURPHY, K.J., BARRETT, P.R.F. Chemical control of aquatic weeds. In: PIETERSE, A.H., MURPHY, K.J. *Aquatic weeds – the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. New York: Oxford University Press, 1990. p.136-73.

NETHERLAND, M.D., GETSINGER, K.D. Laboratory evaluation of threshold fluridone concentrations under static conditions for controlling hydrilla and Eurasian watermilfoil. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.33, p.33-6, 1995.

NETHERLAND, M.D., GETSINGER, K.D., SKOGERBOE, J.D. Mesocosm evaluation of the species-selective potential of fluridone. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.35, p.41-50, 1997.

NETHERLAND, M.D., GETSINGER, K.D., TURNER, E.G. Fluridone concentration and exposure time requirements for control of Eurasian watermilfoil and hydrilla. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.31, p.189-94, 1993.

PATTON, V.D., STARNES, W.E. Aquatic weeds and water pollution. *Hyacinth Control Journal*, v.8, n.2, p.48-9, 1970.

PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. *Resumos*... Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. p.12-5.

ROBERTS, D.E., CHURCH, A.G., CUMMINS, S.P. Invasion of egeria into the Hawkesbury-Nepean River, Australia. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.37, p.31-4, 1999.

SOLYMOSY, S.L., GANGSTAD, E.O. Nomenclature, taxonomy and distribution of egeria and elodea. *Hyacinth Control Journal*, v.12, p.3-5, 1974.

SEPRO CORPORATION. *Sonar – An effective herbicide that poses negligible risk to human health and the environment*. 1994. 8p.

SPRECHER, S.L., NETHERLAND, M.D., STEWART, A.B. Phytoene and carotene response of aquatic plants to fluridone under laboratory conditions. *J. Aquat. Plant Manage.*, v.36, p.111-20, 1998.

TANNER, C. C., CLAYTON, J. S., COFFEY, B. T. Submerged-vegetation changes in Lake Rotoroa (Hamilton, New Zealand) related to herbicide treatment and invasion by *Egeria densa*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. v.24, n.1, p.45-57, 1990.

TANNER, C. C., CLAYTON, J. S., WELLS, R. D. S. Effect of suspended solids on the establishment and growth of *Egeria densa. Aquatic Botany*, v.45, n.4, p.299-310, 1993.

WELLS, R.D.S., COFFEY, B.T., LAUREN D.R. Evaluation of fluoridone for weed control in New Zealand *J. Aquat. Plant Manage*., v.24, p.39-42, 1986.

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.449-59, 1997.

APÊNDICE

Figura 4. *Egeria densa* Planchon (à esquerda) e *Egeria najas* Planchon (à direita).

Figura 5. Clorose das brotações: sintoma de intoxicação de *Egeria densa* por fluridone.

Figura 6. Clorose das brotações: sintoma de intoxicação de *Egeria najas* por fluridone.

Figura 7. Vista geral do experimento em caixas d'água. Barra Bonita/SP.

Figura 8. Sintomas de intoxicação de planta de *E. najas* por fluridone. Barra Bonita/SP.

Figura 9. Vista aérea da represa sem fluxo d'água. Ilha Solteira/SP.

Figura 10. Represa sem fluxo d'água, antes do início do experimento. Ilha Solteira/SP.

Figura 11. Represa sem fluxo d'água, final do experimento. Ilha Solteira/SP.

Quadro 3. Médias das notas atribuídas nas avaliações visuais de toxicidade de fluridone a plantas de *Egeria densa* Planchon aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a aplicação. Barra Bonita/SP, 1.998.

Tratamento	Concen-tração (ppb)	Nota atribuída [3] Dias após a aplicação					
		8	15	29	35	51	63
1. fluridone, líquido[1]	10	0 a	20 ab	37 a	32 a	47 bc	27 cd
2. fluridone, líquido	20	0 a	30 a	47 a	50 a	55 abc	47 bc
3. fluridone, granulado[2]	20	0 a	2 c	42 a	37 a	52 abc	52 bc
4. fluridone, líquido	40	2 a	27 a	37 a	40 a	66 ab	60 bc
5. fluridone, granulado	40	0 a	2 c	30 a	27 a	57 abc	85 ab
6. fluridone, líquido	80	2 a	22 ab	42 a	42 a	62 abc	100 a
7. fluridone, granulado	80	0 a	7 bc	42 a	45 a	62 abc	97 a
8. fluridone, líquido	150	10 a	27 a	47 a	42 a	72 a	100 a
9. fluridone, granulado	150	0 a	25 a	40 a	37 a	62 abc	100 a
10. testemunha	0	0 a	0 c	0 b	0 b	0 d	0 d
F tratamentos		1,68 ns	19,46 **	7,70 **	7,05 **	45,78 **	20,32 **
F blocos		1,09 ns	1,31 ns	0,20 ns	0,26 ns	3,57 *	3,41 *
d.m.s. 5%		15,9	14,5	22,6	23,5	12,0	32,9
C.V. (%)		294,5	29,3	26,2	27,9	10,9	22,2

[1] (41,7% i.a. em peso; 479 g i.a./l)
[2] (5% i.a. em peso; 50 g i.a./kg)
[3] Conforme escala: 0 (planta sem sintomas) a 100 (planta morta)

ns não significativo.
* significativo ao nível de 5% de probabilidade.
** significativo ao nível de 1% de probabilidade.
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Para realização da análise estatística, os dados foram transformados em arco seno da raiz quadrada de X/100.

Quadro 4. Médias das notas atribuídas nas avaliações visuais de toxicidade de fluridone a plantas de *Egeria najas* Planchon aos 8, 15, 29, 35, 51 e 63 dias após a sua aplicação. Barra Bonita/SP, 1.998.

Tratamento	Concen-tração (ppb)	Nota atribuída [3] Dias após a aplicação 8	15	29	35	51	63
1. fluridone, líquido[1]	10	2 bc	32 bcd	45 a	40 a	57 bc	40 bc
2. fluridone, líquido	20	22 ab	50 ab	62 a	67 a	65 abc	47 b
3. fluridone, granulado[2]	20	5 abc	20 d	42 a	52 a	52 c	50 b
4. fluridone, líquido	40	22 ab	55 a	42 a	47 a	73 ab	45 b
5. fluridone, granulado	40	7 abc	30 cd	40 b	42 a	67 abc	85 ab
6. fluridone, líquido	80	17 ab	43 abc	45 a	52 a	72 abc	100 a
7. fluridone, granulado	80	15 abc	27 cd	52 a	57 a	72 abc	97 a
8. fluridone, líquido	150	27 a	50 ab	52 a	52 a	82 a	100 a
9. fluridone, granulado	150	17 ab	35 bcd	45 a	45 a	72 abc	100 a
10. testemunha	0	0 c	0 e	0 b	0 b	0 d	0 c
F tratamentos		5,02 **	33,65 **	8,09 **	7,93 **	49,86 **	13,79 **
F blocos		0,96 ns	0,56 ns	0,11 ns	0,34 ns	1,48 ns	3,45 *
d.m.s. 5%		23,8	11,6	24,5	26,2	12,8	39,9
C.V. (%)		55,1	14,0	25,8	26,4	10,4	27,4

[1] (41,7% i.a. em peso; 479 g i.a./l)
[2] (5% i.a. em peso; 50 g i.a./kg)
[3] Conforme escala: 0 (planta sem sintomas) a 100 (planta morta)

ns não significativo.
* significativo ao nível de 5% de probabilidade.
** significativo ao nível de 1% de probabilidade.
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Para realização da análise estatística, os dados foram transformados em arco seno da raiz quadrada de X/100.