

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS
AQUÁTICAS ANCORADAS

Wilson Roberto Cerveira Junior

Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS
AQUÁTICAS ANCORADAS**

Wilson Roberto Cerveira Junior

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Coorientador: Prof. Dr. Robinson Antônio Pitelli

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (produção vegetal).

2017

C419u Cerveira Júnior, Wilson Roberto
Uso de herbicida no controle de planta aquática ancorada / Wilson Roberto Cerveira Junior. -- Jaboticabal, 2017
xii, 44 p.; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Dagoberto Martins
Banca examinadora: Claudinei da Cruz, Mariluce Pascoina Nepomuceno
Bibliografia

1. Macrófita aquática. 2. Herbicida. 3. Planta daninhas. 4. Manejo químico I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.926

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS ANCORADAS

AUTOR: WILSON ROBERTO CERVEIRA JUNIOR

ORIENTADOR: DAGOBERTO MARTINS

COORIENTADOR: ROBINSON ANTONIO PITELLI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DAGOBERTO MARTINS
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. CLAUDINEI DA CRUZ
Departamento de Agronomia / UNIFEB - Barretos/SP

Pós-doutoranda MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de julho de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

WILSON ROBERTO CERVEIRA JUNIOR – Engenheiro Agrônomo, filho de Wilson Roberto Cerveira e Rosemeire Gomes Cerveira, nasceu em Barretos, interior do Estado de São Paulo, no dia 25 de junho de 1988. Coursou o ensino fundamental e médio na cidade natal.

Em 2008, iniciou o curso de Agronomia no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), na qual concluiu em 2013, com bolsa do projeto de iniciação científica (PIBIC) durante um ano e bolsa do programa CIEE durante dois anos, cumprido suas horas de estágio na secretaria de agricultura e meio ambiente de Barretos.

Estagiou no Núcleo de Pesquisas Ambientais em Matologia – NEPEAM, pertencente ao departamento de fitossanidade da FCAV-UNESP. Em maio de 2017, foi submetido à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Durante os anos de 2014 a 2016 integrou a equipe responsável pelo desenvolvimento de um RET / BASF, coordenado pelo Prof. Dr. Robinson Antônio Pitelli e Prof. Dr. Claudinei da Cruz.

Integra o grupo de pesquisa do NEPEAM – núcleo de pesquisa e estudos ambientais em matologia. Bolsista do P&D monitoramento de macrófita aquática, coordenado pelo Prof. Dr. Robinson Antônio Pitelli, na empresa Light Energia no estado do Rio de Janeiro.

“A única maneira de não cometer erros é fazendo nada. Este, no entanto, é certamente um dos maiores erros que se poderia cometer em toda sua existência. ”

CONFÚCIO

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo. ”

NELSON MANDELA

Aos meus pais Wilson Roberto Cerveira e *Rosemeire Gomes Cerveira* pelo amor incondicional, incentivo e sabedoria;

Eles quem me ensinou que trabalho, respeito, honestidade e dedicação são as melhores escolhas.

DEDICO

A Profa. Dra. *Sissi Marcos Kawai*, pelo companheirismo;

Pelas palavras; pelo amor e incentivo incondicional

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Dagoberto Martins, pela orientação e paciência;

Ao meu coorientador Prof. Dr. Robinson Antonio Pitelli, pela orientação, pela oportunidade em fazer parte da equipe NEPEAM; pelos ensinamentos; confiança em meu trabalho e estrutura concedida para a realização dos ensaios;

À meu amigo Prof. Dr. Claudinei da Cruz, pela contribuição para minha formação acadêmica, pessoal, profissional e incentivo a fazer pós graduação, aos ensinamentos, companheirismo, paciência e dedicação;

Aos membros da banca examinadora, pelas relevantes considerações ao meu trabalho;

À equipe NEPEAM – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais em Matologia: Ronaldo Ferreira, Jaqueline Della Vechia, Igor Malaspina, Cynthia Ikefuti, Mayara Galatti, Samêla Generoso e Alfredo Yamauchi, pela amizade, companheirismo e ajuda na realização dos meus ensaios.

Em especial aos amigos Adilson Ferreira da Silva, Ricardo Jardim, Nathalia Garlich e João Henrique Corte Cervoni, pela efetiva participação no meu estudo e a Silvia Patrícia Carraschi, pelas considerações e ajuda na fase final do mestrado;

A minha irmã Danielle Gomes Cerveira, pelo amor e carinho;

A toda minha família: avós, tios, tias, primos e primas, pois a família é à base de tudo;

A todos que contribuíram para esta conquista.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 Introdução e Justificativa.....	1
1.2 Plantas aquáticas.....	2
1.3 Formas de controle de macrófitas.....	3
1.4 Controle químico.....	4
1.5 Referências.....	6
CAPÍTULO 2 – EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS ENRAIZADAS.....	11
Resumo	11
2.1 Introdução	13
2.2 Objetivos	14
2.3 Material e Métodos.....	15
2.3.1 Cultivo primário e doses testadas.....	15
2.3.2 Procedimento experimental	15
2.3.3 Avaliações e análises estatísticas.....	16
2.4 Resultados e Discussões.....	16
2.4 Conclusões	23
2.5 Referências.....	24
CAPÍTULO 3 – CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS AQUÁTICAS E QUALIDADE DE ÁGUA EM MESOCOSMOS	26
Resumo	26
3.1 Introdução	28
3.2 Objetivos	30
3.3 Material e Métodos.....	30
3.3.1 Cultivo das macrófitas e instalação do experimento.....	30
3.3.2 Aplicação e avaliações	31
3.4 Resultados e Discussão.....	31
3.5 Conclusões.....	40
3.5 Referências.....	41

USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS ANCORADAS

RESUMO – O crescimento excessivo de plantas em ambientes aquáticos é normalmente decorrente das atividades urbanas e industriais, o que faz com que ocorra a eutrofização dos corpos hídricos, o que prejudica a utilização dos mesmos para os múltiplos usos da água. A aplicação de um herbicida pode proporcionar uma melhor eficácia no controle de macrófitas aquáticas e nos dias atuais seria a forma mais econômica e rentável. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia do glyphosate, 2,4-D e diquat no controle de algumas plantas aquáticas flutuante e enraizada (*Pistia stratiotes*, *Eichhonia crassipes*, *Typha subulata*, *Myriophyllum aquaticum*, *Brachiaria subquadripata* e *Hedychium coronarium*), em condições de casa de vegetação e mesocosmos. No estudo em casa de vegetação os herbicidas que determinaram melhor eficácia foram o glyphosate e o 2,4D. Quanto ao diquat, este não obteve resultado eficiente devido ao surgimento de rebrotas no decorrer das avaliações. Em campos, nos mesocosmos, o herbicida glyphosate proporcionou uma melhor eficácia para todas as espécies estudadas e, quanto as avaliações de qualidade de água realizadas, estas não apresentaram alterações de maneira geral, apenas alterações pontuais para oxigênio e condutividade, nas avaliações iniciais respectivamente.

Palavras-chave: macrófita aquáticas, qualidade de água, eficácia.

USE OF HERBICIDES DOES NOT CONTROL OF ANCHORED AQUEOUS PLANTS

ABSTRACT – Excessive growth of plants in aquatic environments is usually due to urban and industrial activities, which causes eutrophication of water bodies, which impairs their use for multiple uses of water. The application of a herbicide can provide a better efficacy in the control of aquatic macrophytes and today would be the most economical and cost effective way. The objective of this study was to evaluate the efficacy of glyphosate, 2,4-D and diquat in the control of some floating and rooted aquatic plants (*Pistia stratiotes*, *Eichhonia crassipes*, *Typha subulata*, *Myriophyllum aquaticum*, *Brachiaria subquadripara* and *Hedychium coronarium*). House of vegetation and mesocosmos. In the greenhouse study the herbicides that determined the most effective were glyphosate and 2,4D. As for diquat, it did not obtain an efficient result due to the appearance of sprouts during the evaluations. In the field, in the mesocosmos, the herbicide glyphosate provided a better efficacy for all the studied species and, as far as the water quality evaluations were carried out, they did not present alterations of general way, only point alterations for oxygen and conductivity, in the initial evaluations respectively.

Keywords: Aquatic macrophyte, water quality, efficacy.

CAPÍTULO 1– Considerações gerais

1.1 Introdução e justificativa

Esta dissertação está estruturada com um referencial bibliográfico sobre macrófitas aquáticas, formas de controle e uso de herbicidas em ambientes aquáticos (Capítulo 1). Esta primeira parte direciona a leitura para o capítulo 2, que apresenta um artigo científico sobre “Eficácia de herbicidas no controle de macrófitas enraizadas”. Este estudo mostra um maior conhecimento sobre o controle químico das macrófitas aquáticas, e como pode ser utilizado para contribuir com uma melhor tomada de decisão de seu manejo.

O capítulo 3 compreende um artigo científico sobre “Eficácia de herbicidas no controle de plantas aquáticas e na qualidade da água em condições de mesocosmo”, simulando um ambiente de várzea. Assim é necessário a utilização de mesocosmos, com a simulação mais próximo de um ambiente natural, pois o estudo contribui para a tomar melhor decisão no controle em ambiente de várzea.

A eutrofização dos corpos hídricos, na qual é o excesso de nutrientes lançados nos ambientes aquáticos acarreta o aumento da biomassa das plantas aquáticas. Este processo tem contribuído para a simplificação dos corpos hídricos e diminuição na qualidade de água disponível nas principais bacias hidrográficas brasileiras. A forma mais utilizada de remoção de macrófitas aquáticas no Brasil é a mecânica, porém com a resolução nº 467, de 16 de julho de 2015. Publicada na DOU, nº 137, de 17 de julho de 2015, que dispõe sobre o uso de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos (CONAMA, 2015), faz-se necessário que seja desenvolvido estudos sobre a eficácia dos produtos químicos no controle de macrófitas aquáticas, ecotoxicologia para organismos não alvos, risco e saúde ambiental, resíduos e efeitos secundários nos ambientes após o processo de controle.

Um dos principais questionamentos sobre a utilização de herbicida em ambientes aquáticos é o acelerado efeito da decomposição da matéria morta vegetal no corpo hídrico, a contaminação da água que é utilizada em abastecimento público, sendo estas as principais desvantagens da utilização de herbicidas nestes

ambientes. Nos EUA quatorze herbicidas estão atualmente registrados para uso em sistemas aquáticos (Gettys et al. 2014), dentre estes o glyphosate que atua tanto sobre monocotiledôneas e eudicotiledôneas (Amarante Jr. et al., 2002); o 2,4-D que é recomendado para eudicotiledôneas principalmente e o diquat que também é recomendado para algumas plantas monocotiledôneas e eudicotiledôneas (NEGRISOLI et al., 2003).

1.2. Plantas aquáticas

As plantas aquáticas são vegetais que habitam ambientes úmidos ou inundados. Estes vegetais evoluíram do ambiente terrestre para o aquático, mas mantiveram as características de vegetais terrestres com cutícula e estômatos em plantas aquáticas emersas (ESTEVES, 1998).

As plantas aquáticas desempenham papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, pois exercem funções de base das cadeias alimentares (herbivoria e detritivoria), proteção de margens, habitats e refúgio para organismos, remoção de material orgânico e de compostos tóxicos, heterogeneidade espacial e temporal destes ambientes (SILVA et al., 2012).

Contudo, as atividades antrópicas urbanas, agropecuárias e industriais causam aumento de nitrogênio e fósforo nos ambientes aquáticos, conduzindo a eutrofização e ao aumento da biomassa dos produtores primários (SOUZA et al., 2014). Dessa forma, o crescimento desordenado destas plantas prejudica a navegação e transporte fluvial Velini (2005), turismo, pesca e a geração de energia e trabalho nas hidrelétricas Tanaka (1998); Carvalho et al. (2005); causam perda excessiva da água por evapotranspiração Victor et al. (1991), alteração nos padrões de qualidade da água (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e temperatura) formação de gases tóxicos e metilação do mercúrio (PEDRALI, 2003; GUIMARÃES, 2004; MIRANDA, 2007).

Também reduzem a capacidade e durabilidade dos canais de irrigação e de drenagem e também causa o acúmulo de lixo, Pitelli (1998); é um problema na captação de água para abastecimento público, Más e Barella (2008); aumenta a proliferação de insetos vetores de doenças, Marcondes e Tanaka (1997); prejuízos

na qualidade de produção de peixes e captura do pescado Adekoya (2002); Ezeri (2002); e redução na durabilidade de represas rurais e capacidade de armazenamento (AMARAL, 2013).

As plantas aquáticas que colonizam os corpos hídricos são de diferentes grupos ecológicos e a sucessão ocorre com o surgimento de espécies emergentes, submersas e flutuantes (TUNDISI, 1990; THOMAS, 2002). A *Brachiaria subquadrifida* (Trin.) Hitch, monocotiledônea pertencente à família Poaceae, é uma planta perene e estolonífera que se reproduz por meio vegetativo e apresenta baixa produção de sementes, sendo originária da África (KISSMANN 2000). Foi introduzida no Brasil como forrageira, no entanto acabou tornando-se uma invasora em ambientes aquáticos muito agressiva e causa redução na biodiversidade.

Outra planta considerada de difícil controle é o *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc, pertencente à classe eudicotiledonea, ordem Myrtales, família Haloragaceae, mantém-se enraizada em lodo no fundo de lagos com até 2 m de profundidade ou nas margens, esta planta é originária da América do Sul (CASON e ROOST, 2011). O *Hedychium coronarium* J. Kohig (Lírio do brejo), é uma monocotiledônea da família Zingiberaceae, rizomatosa de hábito herbáceo perene, com reprodução tanto sexuada por sementes quanto assexuada por rizomas (STONE et al., 1992).

A *Pistia stratiotes* L. (alface d'água) pertencente à família Araceae, uma espécie flutuante com alta capacidade de multiplicação vegetativa e habilidade para regenerar-se a partir de pequenas porções da planta Kissmman (1997), e a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (aguapé) pertencente à família Pontederiaceae, é uma planta nativa tropical da América que foi introduzida como planta ornamental (Holm et al., 1977).

1.3. Formas de controle das plantas aquáticas

Na escolha do melhor método de controle é levada em consideração o procedimento empregado, pois é importante conhecer suas vantagens e desvantagens para o ecossistema aquático e aos usos múltiplos (GIBBONS et al., 1994). Considerar o tipo ecológico da macrófita e conhecer a biologia da planta aquática facilita na tomada de decisão (NICHOLS, 1991).

Para a redução dos impactos ambientais, sociais e econômicos das macrófitas aquáticas são necessárias medidas de controle, que pode ser mecânica, este de maior utilização no Brasil, Pitelli et al. (2008); consiste na utilização de máquinas de grande porte; como exemplo a dragagem que pode ser realizada com bomba e mangueira, para sugar todas as partes das plantas incluindo as raízes, ou utilizar ceifadeiras que são máquinas que cortam e recolhem as macrófitas aquáticas (POMPÊO, 2008).

O método biológico implica na utilização de organismo vivos para controlar a espécie alvo e não causar danos econômicos, (TESSMANN 2011). Os fungos podem ser utilizados como agentes de controle, (BARRETO et al. 2000). Insetos tem-se estudos, Harley e Forno (1990) e os peixes, como exemplo a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) (SILVA et al., 2014).

O método físico é o mais simples pois consiste em fazer poda utilizando materiais para jardinagem, com coleta manual das plantas, realizando bloqueio de luminosidade com telas para reduzir o crescimento, também fazem alteração do nível de água para reduzir a área potencial de colonização das macrófitas (POMPÊO, 2008).

1.4 Controle químico

Nos EUA aproximadamente 300 herbicidas são registrados para uso em áreas terrestre, mas apenas 14 estão atualmente registrados sistemas aquáticos. O uso de herbicidas aquáticos e algicidas é uma técnica amplamente empregada para o controle de plantas aquáticas em ambas as massas de água públicas e privadas em todo os Estados Unidos. Este controle químico consiste na utilização de produtos que intoxicam as plantas, pois promove resultado rápido e eficiente, com uma boa relação benefício/custo e base histórica de uso em outros países (HENARES et al., 2011; MOURA; FRAUCO; MATALLO, 2009; GETTYS et al., 2014).

Alguns estados americanos exigem que os aplicadores de herbicidas aquáticos sejam certificados e licenciados antes que estes produtos possam ser comprados e usados. Também exigem que as licenças sejam obtidas antes que os

herbicidas possam ser aplicados em corpos de água, mesmo se estiverem em propriedade privadas.

No Brasil em maio de 2015 foi aprovada a Proposta de Resolução CONAMA nº 467, que dispõe sobre o controle da utilização de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos. Considerando o emprego de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos em corpos hídricos superficiais para fins de recuperação do ecossistema ameaçado pela poluição ou pelo crescimento desordenado ou indesejável de organismos da flora ou fauna. A resolução permite o controle populacional de espécies que estejam causando impacto negativo ao meio ambiente, à saúde pública ou aos usos múltiplos da água e recuperação ou remediação de corpos hídricos superficiais (CONAMA, 2015).

Os herbicidas são divididos entre os de contato que não são translocados pela planta e que controla normalmente a planta rapidamente; e os sistêmicos, que atuam lentamente ao afetar as vias bioquímicas e devem ser absorvidos pela planta antes de proporcionar controle; portanto, compostos sistêmicos podem exigir dias ou semanas para obter o controle das macrófitas aquáticas, e os métodos de aplicações são os mesmo para herbicidas sistêmicos e de contato (GETTYS et al., 2014).

Dentre os herbicidas mundialmente utilizados em controle de plantas aquáticas, o glyphosate apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima EPSPS (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase), que catalisa as reações de síntese de aminoácidos aromáticos Amarante jr. et al. (2002); O glyphosate é rapidamente desativado em águas naturais através da ligação a vários cátions que se encontram na água e, portanto, não deve ser usado para o controle de plantas daninhas submersas.

O glyphosate vem sendo utilizado no controle de algumas plantas aquáticas como *Salvinia molesta*, *S. herzogii*, *P. stratiotes*, *B. subquadripara* e *E. crassipes* (CRUZ et al., 2015).

O 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) é um mimetizador de auxina, possui ação rápida e estudos vem sendo realizado no controle de plantas aquáticas, como *M. aquaticum*, Negrisoli et al. (2003) e Souza et al. (2012); *P. stratiotes*, *Typha subulata* (Crespo&Pérez-Mor.), *S. molesta* e *E. crassipes* (MARTINS et al., 1999).

O diquat (1-1'-etileno-2-2'-dibrometo de bipyridílio) é um herbicida de contato, não seletivo, que interfere no processo de captação de energia interferindo no transporte de elétrons do fotossistema II (DODGE, 1971). Os sinais de efeito do diquat nas plantas são observados rapidamente, o que pode ser uma vantagem para aplicações em dias subsequentes (NEVES; FOLONI; PITELLI, 2002).

A meia vida do diquat no ambiente aquático é menor que 48 horas e é absorvido pelas plantas aquáticas e após a sua decomposição se liga a partículas coloidais do solo deixando a água livre de resíduos do herbicida (FAO/WHO, 1995). A ação rápida pode produzir grande quantidade de material em decomposição em pouco tempo, que pode induzir a um aumento da demanda biológica de oxigênio (PITELLI et al., 2011).

O diquat é um herbicida de potencial para ser utilizado no ambiente aquático visando o controle tanto de plantas submersas como flutuantes. Algumas pesquisas já foram realizadas para controle de *P. stratiotes*, *E. crassipes* e *S. molesta* Martins et al. (2002); *E. crassipes* Neves, Foloni e Pitelli, (2002); *E. crassipes* Martins e Pitelli, (2005); *Egeria najas*, *Egeria densa* Martins et al. (2007); *E. crassipes* Martins, (2009); *Hydrilla verticillata*, *Egeria najas*, *Egeria densa* Henares et al. (2011); *E. crassipes* Pitelli et al. (2011); *S. auriculata* *E. crassipes*, *P. stratiotes* Souza, (2011); *C. demersum* Garlich et al. (2016); *Hydrilla verticillata* (MALASPINA et al. 2017).

1.5 Referências

AMARAL, A. M. A. **Espécies para plataformas de evapotranspiração, capacidade de evapotranspiração e adaptação climática**. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura Paisagista) – Universidade do Algarve, Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2013.

AMARANTE JUNIOR, O. P., DOS SANTOS, T. C. R., BRITO, N. M., & RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quim. Nova**, v.25, p.589-593, 2002.

ADEKOYA, B. B. Chemical control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) at Ere, Ogun State, Nigeria: Implications for aquatic and terrestrial biodiversity conservation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYACINTH, 2002, New Bussa. **Proceedings...**New Bussa: National Institute for Freshwater Fisheries Research, p. 86-98, 2002.

BARRETO, R. et al. Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. **Crop Protec.**, v. 19, p. 697-703, 2000.

CARVALHO, F. T. D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; ROSSI, C. V. S. Eficácia do carfentrazone-ethyl no controle de plantas aquáticas latifoliadas em caixas-d'água. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 305-310, 2005.

CASON C.; ROOST B.A.; Species selectivity of granular 2,4-D herbicide when used to control Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in Wisconsin lakes. **Invasive Plant Sci Manag**, v.4, p.251-259, 2011.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Proposta de Resolução que dispõe sobre o controle da utilização de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos e dá outras providências. **Departamento de Apoio ao Conselho Nacional do Meio Ambiente – Dconama**, 2015.

CRUZ, C., et al. Glyphosate Effectiveness in the Control of Macrophytes Under a Greenhouse Condition. **Planta Daninha**, v.33, p.241-247, 2015.

DODGE. A.D. The mode of action of the bipyridylum herbicides, paraquat and diquat. **Endeavor** v.30, p.130-135, 1971.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: **Interciência/FINEP**, 1998. 602p.

EZERI, G. N. O. Effect of Herbicidal Control of Water Hyacinth on Fish Health at the Ere Channel, Ogun State, Nigeria. **Journal of Applied Sciences & Environmental Management**, Port Harcourt, v. 6, p. 49-52, 2002. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v6i1.17195>>.

FAO/WHO. Pesticide residues in food — 1994. Evaluations — 1994. Part I Residues, Vol. 1. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (FAO Plant Production and Protection Paper 131/1), 1995.

GARLICH, N., CRUZ, C., SILVA, A. F., MALASPINA, I. C., FERREIRA, R. G., TEDESQUE, M. G., ... & BIANCO, S. Effectiveness of diquat, copper hydroxide, copper oxychloride and their association in control of submerged macrophytes *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 117-123, 2016.

GETTYS, L. A., HALLER, W. T., & BELLAUD, M et al. Biology and control of aquatic plant: A best management practices handbook. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, **Marietta GA**, 2014, 238 p

GIBBONS, M.V.; GIBBONS, H.L. & SYTSMA, M.D. A citizens manual for developing integrated aquatic vegetation management plans, Washington Department of Ecology, **Water Quality Financial Assistance Program**. 1994

GUIMARÃES, G. L. **Impactos do controle de macrófitas aquáticas com o herbicida 2,4 D em mesocosmos**. 2004. 153 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

HARLEY, K. L. S.; FORNO, I. W. Biological control of aquatic weeds by means of arthropods. In: PETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Eds.) *Aquatic weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. New York: **Oxford Science Publications**, p. 177-185, 1990.

HENARES, M. N. P.; REZENDE, F. R. L.; GOMES, G. R., CRUZ, C.; PITELLI, R. A. Eficácia do diquat no controle de *Hydrilla verticillata*, *Egeria densa* e *Egeria najas* e toxicidade para o Guaru (*Phallocerus caudimaculatus*), em condições de laboratório. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 279-285, 2011.

HOLM, L. G., PLUCKNETT, D. L., PANCHO, J. V. & HERBERGER, J. P. *The World's Worst Weed, distribution and biology*. Honolulu: **The Univ. Press of Hawaii**. 609p. 1977.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: Basf, t. 1. 824 p. 1997.

KISSMANN, K. G. Uso de herbicidas no contexto do Mercosul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**. Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 92-116.

MALASPINA, I. C., CRUZ, C., GARLICH, N., BIANCO, S., & PITELLI, R. A. Effectiveness of diquat, both isolated and associated with copper sources in controlling the hydrilla verticillata submerged macrophytes and ankistrodesmus gracilis microphyte. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

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. Workshop de Plantas Aquáticas Caxambu: **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 2-4, 1997.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L., MENDONÇA, C. G. D. Controle químico de plantas daninhas aquáticas em condições controladas-caixas d'água. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, p. 289-296, 1999.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichornia crassipes*, e *Salvinia molesta* em caixas D'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 83-97, 2002.

MARTINS, A. T.; PITELLI, R. A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005.

MARTINS, D.; TRIGUEIRO, L. R. C.; DOMINGOS, V. D.; TERRA, M. A.; COSTA, N. V. Sensitivity of different accesses of *Egeria najas* and *Egeria densa* to the herbicides diquat and fluridone. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 351-358, 2007.

MARTINS, A. T. **Diquat no manejo de aguapé *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e seu impacto sobre fatores limnológicos**. 2009. 110 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MÁS, B. A.; BARELLA, W. Ocorrência de macrófitas na estação de tratamento do serviço autônomo de água e esgoto (SAAE), Sorocaba-SP. **REB**. v. 1, n. 4, p. 1-16, 2008.

MIRANDA, M. R.; COELHO-SOUZA, S. A.; GUIMARÃES, J. R. D.; CORREIRA, R. R. S.; OLIVEIRA, D. Mercúrio em sistemas aquáticos: fatores que afetam a metilação. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 240-251, 2007.

MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. **Biológico**, v. 71, n. 1, p. 77-82, 2009.

NEGRISOLI, E. et al. Chemical control of *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, v.21, p.89-92, 2003.

NEVES, T.; FOLONI, L. L.; PITELLI, R. A. Controle químico do aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, v. 20, p. 89-97, 2002.

NICHOLS, S.A. The interaction between biology and the management of aquatic macrophytes, **Aquatic Botany**, v. 41 p. 225-252, 1991.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas: alternativas para o uso múltiplo da água**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. 171-188 pp.

PITELLI, R. A. **Macrófitas Aquáticas do Brasil, na condição de problema**. In: Workshop Controle de Plantas Aquáticas, 1998, Brasília. Resumos... Brasília: IBAMA, p.19, 1998.

PITELLI, R. L. C. M.; TOFFANELI, C. M.; VIEIA, E. A.; PITELLI, R. A.; VELINI, E. D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 473-480, 2008.

PITELLI, R. A.; BISIGATTO, A. T.; KAWAGUCHI, I.; PITELLI, R. L. C. M. Doses e horários de aplicação do diquat no controle de *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 269-277, 2011.

POMPEO, M. Monitoramento e manejo de plantas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, 2008.

SILVA, D. S.; MARQUES, E. E.; LÓLIS, S. F. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface (Porto Nacional)**, n. 4, 2012.

SILVA, A. F.; CRUZ, C.; REZENDE, F. R. L.; YAMAUCHI, A. K. F.; PITELLI, R. A. Copper sulfate acute ecotoxicity and environmental risk for tropical fish. **ActaScientiarum Biological Sciences**, v.36, n. 4, p. 377-381, 2014.

SOUZA, G.S.F.; CAMPOS, C.F.; PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D. Influência da chuva na eficiência de diquat no controle de *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 923-928, 2011.

SOUZA, G. S. F., PEREIRA, M. R. R., VITORINO, H. S., CAMPOS, C. F., & MARTINS, D. Influência da chuva na eficácia do herbicida 2, 4-D no controle de *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, p. 263-267, 2012.

SOUZA, J. S.; PEDROSA, P.; GATTS, P. V.; AMARAL GRAVINA, G. Aplicação das concentrações e proporções de nutrientes no diagnóstico da eutrofização. **Vértices**, v.16, n.1, p.203-222, 2014

STONE, C. P. et al. Alien plant invasions in native ecosystems of Hawai'i: management and research. **University of Hawai'i**, 1992.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados pelas plantas aquáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Resumos...** Brasília, DF: IBAMA, 1998. p. 36-38.

TESSMANN, D. J. **Controle biológico**: Aplicações na área de ciência das plantas daninhas. Cap. 4, p.80-94. In: OLLIVEIRA, Jr. et al. (Eds), *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas* (2011).

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-33, 2002.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios**: estrutura, funções e aspectos sociais. Botucatu: Fundbio; São Paulo: Fapesp, 1990. p.19-38.

VELINI, E.D. **Desenvolvimento de técnicas e equipamentos para o monitoramento e controle de plantas aquáticas**. 2005. 238 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

VICTOR T.J., MARIMUTHUS, T.; SIVARAMAKRISHNAN, K. G. Aquatic macrophytes and the associated mosquitoes in and around Madurai City (Tamil Nadu). **Indian Journal of Malariology**, Nova Delhi, v. 28, p. 151-5, 1991.

CAPÍTULO 2 EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS ENRAIZADAS

RESUMO. - O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de herbicidas no controle das macrófitas *Brachiaria subquadripa*, *Hedychium coronarium* e *Myriophyllum aquaticum* em condições de casa de vegetação. Para tanto utilizou os herbicidas nas doses (g i/e a ha⁻¹): glyphosate a 240, 720, 1.680, 2.640, 3.600 e 4.320; 2,4-D a 335, 1.005, 1.675, 2.345 e 3.015 e o diquat a 100; 200; 300; 400; 500 e 600, além de um controle em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições. As aplicações dos herbicidas foram efetuadas com um pulverizador costal a pressão constante de CO₂ de 172,36 KPa e com consumo de calda de 200L ha⁻¹, com a ponta DG11002. A eficácia de controle foi avaliada visualmente aos 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) e o acúmulo de massa seca aos 60 DAA. O glyphosate foi o herbicida que promoveu uma melhor eficácia sobre *B. subquadripa* com 100% de controle e sem acúmulo de massa seca a partir de 720 g e a. ha⁻¹. O 2,4-D apresentou o melhor controle sobre *M. aquaticum* com 100% a partir de 1.209 g e a. ha⁻¹ e para *H. coronarium* com 99% de controle a partir de 2.015 g e a. ha⁻¹, ambas sem o acúmulo de massa seca. O diquat para *M. aquaticum* e *B. subquadripa* não obteve controle satisfatório pois ocorreu rebrota, mas foi observado uma queda no acúmulo de massa seca em relação ao controle.

Palavras-chave: manejo químico, plantas aquáticas, controle

HERBICIDES FOR ROOTED AQUATIC MACROPHYTES OF

ABSTRACT - The objective of this study was evaluate the effectiveness of the herbicides in the control of aquatic plants *Brachiaria subquadripara*, *Hedychium coronarium* and *Myriophyllum aquaticum* under greenhouse conditions. Glyphosate was evaluated in the dose 240, 720, 1.680, 2.640, 3.600 and 4.320 g ia ha⁻¹; the dose of 2,4-D were 335, 1.005, 1.677, 2.345 and 3.015 g ia ha⁻¹ and of diquat were 100; 200; 300; 400; 500 and 600 g ia ha⁻¹, and control without herbicide application. The herbicides applications were carried out with a costal spray at constant CO₂ pressure (172.36 kPa), with consumption of 200L ha⁻¹ and the DG11002 as tip. The control effectiveness was evaluated visually in the 3, 7, 15, 21, 30, 45 and 60 days after application (DAA), and the dry mass of the plants was evaluated in the 60 days. Glyphosate was the best herbicide to control *B. subquadripara*, with 100% of mortality from 720 g ia. ha⁻¹. 2,4-D was 100% effectiveness to control *M. aquaticum* from 1,209 g ia ha⁻¹ and 99% to control *H. coronarium* rom 2,015 g ia. ha⁻¹. Diquat was not effectiveness for both plants because it was observed regrowth.

Key words: Chemical control, aquatic plants, efficacy

2.1 Introdução

As Plantas aquáticas desempenham papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, pois exercem funções de base das cadeias alimentares (herbivoria e detritivoria), proteção de margens, habitats e refúgio para organismos, remoção de material orgânico e de compostos tóxicos, heterogeneidade espacial e temporal destes ambientes (Silva et al., 2012).

As atividades antrópicas urbanas, agropecuárias e industriais causam aumento de nitrogênio e fósforo nos ambientes aquáticos, conduzindo a eutrofização e ao aumento da biomassa dos produtores primários (Souza et al., 2014). Dessa forma as macrófitas aquáticas prejudicam a navegação, turismo, pesca e a geração de energia nas hidrelétricas (Tanaka, 1998); causam perda excessiva da água por evapotranspiração (Victor et al., 1991), diminuição da riqueza de espécies, alteração nos padrões de qualidade da água (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e temperatura), reduzem a capacidade e durabilidade dos canais de irrigação e de drenagem e na captação de água para abastecimento público (PIETERSE E MURPHY, 1990).

A *Brachiaria subquadrifida* (Trin.) Hitch, originária da África, monocotiledônea e pertencente à família Poaceae, é uma planta perene e estolonífera que se reproduz por meio vegetativo e apresenta baixa produção de sementes (Kissmann, 2000). Considerada de difícil controle *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc, originária da América do Sul e pertencente à classe Eudicotyledonea, ordem Myrtales e família Haloragaceae e mantém-se enraizada no lodo, no fundo de lagos com até 2 m de profundidade ou nas margens (Cason e Roost, 2011); e também *Hedychium coronarium* (J Koning.) muito conhecida como Lírio do brejo, é uma monocotiledônea da família Zingiberaceae, sendo rizomatosa, de hábito herbáceo perene, sua reprodução pode ser tanto sexuada por sementes como assexuada por rizomas (Stone et al., 1992).

Para a redução dos impactos ambientais, sociais e econômicos das plantas aquáticas são necessárias medidas de controle, que pode ser mecânica, este utilizado no Brasil (Pitelli et al., 2008); biológica, com organismos biocontroladores, como os fungos (Barreto et al., 2000), os insetos (Harley e

Forno, 1990) ou os peixes *Ctenopharyngodon idella* (Silva et al., 2014); ou ainda por meio do uso de herbicidas que tem apresentado elevada eficácia de controle, boa relação benefício/custo e base histórica de uso em outros países (Gettys et al., 2014).

Dentre os herbicidas utilizados em controle de macrófitas aquáticas, tem-se o glyphosate, o 2,4-D e o diquat. O glyphosate apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima EPSPS (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase), que catalisa as reações de síntese de aminoácidos aromáticos (Amarante Jr. et al. 2002); o 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) que é um mimetizador de auxina, que possui ação rápida e é utilizado no controle de plantas de folhas largas (Almeida e Rodrigues, 1985) e o diquat (1-1'-etileno-2-2'-dibrometo de bipyridílio) é um herbicida de contato, não seletivo, que interfere no processo de captação de energia interferindo no transporte de elétrons do fotossistema II (Dodge, 1971).

Para Gettys et al. (2014) estes herbicidas vêm sendo utilizados no controle de diversas macrófitas. Tem-se estudos com o diquat sobre *Pistia stratiotes* (L.), *Cyperus giganteus* (Vahl) e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Selms, por (Mudge et al., 2014); com o herbicida triclopyr sobre *M. aquaticum* (Hofstra et al., 2006) e o glyphosate no controle de *Salvinia molesta* (Mitchell), *Salvinia herzogii* (de la Sota), *P. stratiotes*, *B. subquadripa* e *E. crassipes* (Cruz et al., 2015).

Assim o maior conhecimento sobre o controle químico de macrófitas, pode contribuir para uma melhor escolha do herbicida para uma determinada macrófita, a *B. subquadripa* é uma planta de rápida infestação, o *M. aquaticum* por se manterem enraizadas torna-se uma planta de difícil controle devido a sua facilidade de rebrota, e o *H. coronarium* é uma planta ainda pouco estudada.

2.2 Objetivos

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia dos herbicidas glyphosate, 2,4-D e diquat no controle de *B. subquadripa*, *H. coronarium* e *M. aquaticum*, em condições de casa de vegetação.

2.3 Material e Métodos

2.3.1 Cultivo primário e doses testadas

Os cultivos primários das plantas de *M. aquaticum* e *B. subquadrifida* foram realizados em caixas de amianto com capacidade de 1000 litros, preenchidas com substrato formado por areia grossa, material orgânico e solo (1:1:1 vv⁻¹) e com fluxo contínuo de água.

Foram selecionados cinco ponteiros de 7 cm da planta *B. subquadrifida* e três de 7 cm de *M. aquaticum* para serem transplantados em vasos plásticos com capacidade de 2,5 L preenchidas com substrato formado por areia grossa, esterco e terra (1:1:1 vv⁻¹) com lâmina d'água de 5,0 cm acima do substrato.

Para *H. coronarium* coletou-se seus tubérculos em uma represa localizada no município de Barretos/SP (20°35'16,66" S e 48°32'21,24" WGr.) e transplantados um tubérculo em cada vaso com capacidade de 5 L, preenchidos com substrato formado por areia grossa, esterco e terra (1:1:1 vv⁻¹).

As macrófitas aquáticas *B. subquadrifida* e *M. aquaticum* foram mantidas em estufa de crescimento até que apresentassem crescimento vigoroso (+/- 30 dias) e *H. coronarium* também mantido em estufa de crescimento até que atingiram altura de 50 cm.

Os herbicidas: glyphosate na formulação comercial Rodeo® (480 g L⁻¹ de equivalente ácido) nas doses (g e. a. ha⁻¹) de 240, 720, 1.680, 2.640, 3.600 e 4.320; o 2,4-D na formulação DMA 806® (670 g L⁻¹ de equivalente ácido) nas doses (g e. a. ha⁻¹) a 335, 1.005, 1.675, 2.345 e 3.015; e o diquat na formulação Reglone® (200 g L⁻¹ Diquat) nas doses (g i. a. ha⁻¹) de 100; 200; 300; 400; 500 e 600 além de um controle (sem a aplicação de herbicida).

2.3.2 Procedimento experimental

Três experimentos foram instalados, o primeiro para o herbicida glyphosate sobre três espécies de macrófitas (*M. aquaticum*, *B. subquadrifida* e *H. coronarium*)

o segundo experimento utilizando o herbicida 2,4D para *M. aquaticum*, e *H. coronarium*; e o terceiro experimento com o herbicida diquat para *M. aquaticum* e *B. subquadripara*.

As aplicações dos herbicidas foram efetuadas com pulverizador costal pressurizado (CO₂) a pressão constante de 172,36 KPa; consumo de calda de 200 L ha⁻¹, equipada com barra de aplicação munida de quatro pontas tipo jato plano DG 11002VS espaçada de 0,5 m.

Após aplicação as macrófitas foram levadas para casa de vegetação onde foram mantidas até o final do estudo, com temperatura média de 26 °C e umidade de 55,5 %.

2.3.3 Avaliações e análises estatísticas

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições, em que foram avaliados a eficácia de controle visual por três avaliadores, aos, 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA), através de uma escala de nota visual em porcentagem no qual (0%) correspondeu a nenhuma injúria e (100%) a morte das plantas (SBCPD, 1995)

Ao final do estudo (60 DAA) as plantas foram submetidas a secagem, dispostas em grades, no aguardo do escoamento da água, e após a biomassa foi colocada e mantida em uma estufa de circulação forçada de ar, durante três dias a 70 °C, para a quantificação da massa seca (g) em balança semi-analítica. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

2.4 Resultados e Discussão

Para *B. subquadripara*, aos 7 DAA, os primeiros sinais de intoxicação das plantas com o amarelecimento das folhas manifestou-se a partir da dose de 720 g ha⁻¹ de glyphosate. Estes sinais de intoxicação das plantas evoluíram no decorrer das avaliações e, aos 15 DAA, permitiram verificar controle satisfatório da planta

aquática a partir da dose de 1.680 g ha⁻¹. A dose de 240 g ha⁻¹ proporcionou a partir desta época os primeiros sinais de intoxicação as plantas de *B. subquadrifida* (tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de controle de *Brachiaria subquadrifida*, *Myriophyllum aquaticum* e *Hedychium coronarium* pelo herbicida glyphosate, em épocas de avaliação.

Dose (g e. a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria subquadrifida</i>					
	Dias após a aplicação do herbicida					
	7	15	21	30	45	60
240	0,0 d	2,0 c	14,9 c	15,0 b	15,0 b	15,0 b
720	15,0 c	50,0 b	89,8 b	100,0 a	100,0 a	100,0 a
1.680	15,0 c	85,0 a	99,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
2.640	17,5 b	84,9 a	99,2 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
3.600	21,0 a	85,2 a	99,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
4.320	22,5 a	85,6 a	99,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
F tratamento	282,430**	2403,613**	5178,714**	26791,210**	26791,210**	26791,210**
C.V. (%)	9,9	3,3	1,7	0,7	0,7	0,7
DMS	1,99	2,93	1,98	0,89	0,89	0,89
Dose (g e. a. ha ⁻¹)	<i>Myriophyllum aquaticum</i>					
	7	15	21	30	45	60
240	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0 b	0,0 c
720	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0 b	0,0 c
1.680	0,0	0,0	0,0	0,0 b	0,0 b	0,0 c
2.640	0,0	0,0	0,0	40,0 a	45,0 a	50,0 b
3.600	0,0	0,0	0,0	40,0 a	45,0 a	80,0 a
4.320	0,0	0,0	0,0	40,0 a	45,0 a	80,0 a
F tratamento	-	-	-	2069,017**	11082,771**	3547,934**
C.V. (%)	-	-	-	7,6	3,2	6,0
DMS	-	-	-	2,03	0,99	2,82
Dose (g e. a. ha ⁻¹)	<i>Hedychium coronarium</i>					
	7	15	21	30	45	60
240	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 e	0,0 e
720	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 d	2,7 d	10,0 d
1.680	2,7 a	4,1 b	7,5 b	20,0 c	27,3 c	54,7 c
2.640	2,7 a	6,42 a	32,1 a	50,4 b	53,9 b	80,0 b
3.600	2,7 a	6,42 a	32,1 a	52,1 b	60,0 a	90,0 a
4.320	2,7 a	6,42 a	32,1 a	55,0 a	62,0 a	91,5 a
F tratamento	117,161**	293,104**	3303,433**	1643,432**	1968,419**	5816,969**
C.V. (%)	22,6	14,9	5,2	6,8	5,9	3,0
DMS	0,54	0,77	1,21	2,72	2,69	2,24

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey ($P > 0,05$); ** significativo a 1% de probabilidade.

A partir de 21 DAA a dose de 720 g ha^{-1} de glyphosate determinou uma eficácia considerada boa, porém inferior as doses maiores que proporcionaram controles excelentes, próximos a 100%. Nota-se que nas avaliações de 30, 45 e 60 DAA o controle das plantas de *B. subquadripa* atingiram 100% em todas as doses testadas, com exceção da menor dose, 240 g ha^{-1} , que foi ineficaz (Tabela1). Para Costa et al. (2012), o glyphosate também foi eficaz com 98,8% de controle da *B. subquadripa* na dose de $4.320 \text{ g ha}^{-1} + 0,5\%$ de Aterbane® BR em 63 DAA. Cruz et al. (2015) em estudo com o herbicida glyphosate + $0,5\% \text{ vv}^{-1}$ Aterbane® BR, também obtiveram 100% de controle para *B. subquadripa* em 30 DAA para a dose de 3.360 g ha^{-1} , bem como, Carbonari et al. (2003), corroborando os resultados ora encontrados.

Para *M. aquaticum* registra-se que até 21 DAA nenhuma das doses de glyphosate testadas proporcionaram quaisquer sinais de injúria. A partir dos 30 DAA e até aos 60 DAA, as doses iguais e maiores do que 2.640 g ha^{-1} de glyphosate proporcionaram injúrias as plantas de *M. aquaticum*, sendo que apenas as doses de 3.600 e 4.320 g ha^{-1} promoveram controle satisfatório das plantas ao final do estudo, aos 60 DAA (Tabela1). Ressalta-se que Negrisoli et al. (2003) encontraram um excelente resultado com a dose de $3.300 \text{ g ha}^{-1} + 0,5\%$ de aterbane com 97% de controle aos 17 DAA, e Emerine et al (2010) também verificaram excelente controle, 94%, quando adicionou o adjuvante Agral® à calda, o que não corrobora os resultados encontrados neste estudo. Tal diferença observada por esses pesquisadores pode ser atribuída, provavelmente, ao uso de adjuvantes à calda de pulverização, o que ora não foi utilizado.

Quanto a espécie *H. coronarium*, ao analisar todas as épocas de avaliação, observa-se que a ação do herbicida glyphosate foi lenta sobre as plantas, com poucos sinais visuais até os 21 DAA (Tabela 1), sendo que em 240 g ha^{-1} , não se observou nenhum sinal visual aparente até o final do estudo 60 DAA. Nesta última avaliação registra-se que a eficácia da dose de 2.640 g ha^{-1} determinou controle apenas satisfatório às plantas de *H. coronarium*, sendo este superior ao encontrado nas menores doses, porém inferior as duas maiores doses, 3.600 e 4.320 g ha^{-1} , que proporcionaram controles considerados excelentes e que foram semelhantes entre si

(Tabela 1), observa-se que a dose de 2.640 g ha⁻¹ é uma dose mais indicada para o controle desta macrófita, não sendo necessário a utilização de maiores doses.

Quanto a porcentagem de acúmulo de biomassa seca nas três espécies estudadas, para *B. subquadrifida* houve produção de massa seca somente na dose de 240 g ha⁻¹ com 18,87% em relação a testemunha sem aplicação de herbicida, pois somente nesta dose o controle visual foi insatisfatório (Tabela 1), sendo que nas demais doses, por terem proporcionado controle excelente (100%), as plantas decompueram-se, o que não permitiu a coleta de massa seca.

Para o *M. aquaticum* (Figura 1A), nota-se que a produção de massa seca foi reduzida com o aumento da dose de glyphosate, a partir de 720 g ha⁻¹, independente de não se ter observado nenhum controle visual das plantas nesta dose e na de 1.680 g ha⁻¹ (Tabela 1).

Independente do controle visual observado, todas as doses de glyphosate testadas afetaram o acúmulo de massa seca nas plantas de *H. coronarium* (Figura 1B), sendo mais efetivo a partir da dose de 1.680 g ha⁻¹.

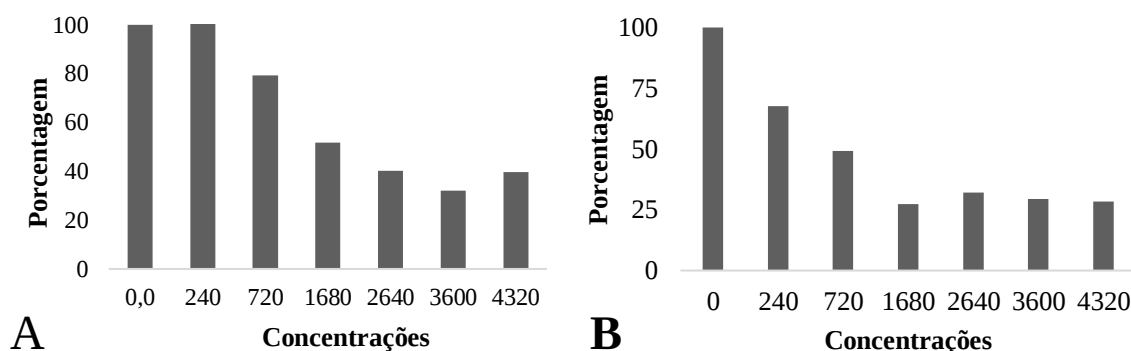


Figura 1. Efeito do herbicida glyphosate no acúmulo porcentual total de produção de biomassa seca da parte aérea de *Myriophyllum aquaticum* (A) e *Hedychium coronarium* (B) em relação a testemunha.

No experimento com 2,4-D a planta de *M. aquaticum* apresentou sinais de intoxicação, necrose dos ponteiros e perda da sustentação do caule em 3 DAA, independente da dose testada. Nota-se com exceção da menor dose (335 g ha⁻¹), que todas as demais proporcionaram um bom controle e de forma semelhante das plantas de *M. aquaticum* (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de controle de *Myriophyllum aquaticum*, e *Hedychium coronarium* pelo herbicida 2,4 D, em épocas de avaliação.

Dose (g e. a. ha ⁻¹)	<i>Myriophyllum aquaticum</i>						
	Dias após a aplicação do herbicida						
	3	7	15	21	30	45	60
335	60,0 b	70,0 b	77,5 b	65 b	65 b	50 b	30 b
1.005	91,0 a	100,0a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
1.675	91,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
2.345	91,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
3.015	91,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
F tratamento	2328,805**	2025,000**	1815,000**	8497,745**	8497,745**	12500,001**	31500,003**
C.V. (%)	1,0	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	0,6
DMS	1,16	1,21	0,94	0,69	0,69	0,81	0,72
Dose (g e. a. ha ⁻¹)	<i>Hedychium coronarium</i>						
	3	7	15	21	30	45	60
335	0,0 b	2,5 c	30,0 d	35,0 c	50,8 c	52,2 c	52,2 c
1.005	0,0 b	3,1 c	57,5 c	72,5 b	85,0 b	95,0 b	95,0 b
1.675	0,0 b	15,0 b	87,5 b	99,0 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a
2.345	7,5 a	25,0 a	98,5 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a
3.015	7,5 a	25,0 a	98,5 a	99,0 a	99,0 a	99,0 a	99,0a
F tratamento	484,99**	523,981**	2417,8**	3255,617**	3842,771**	1630,683**	1630,683**
C.V. (%)	19,6	10,8	2,5	1,9	1,2	1,8	1,8
DMS	0,74	1,97	2,43	2,00	1,37	2,07	2,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey (P>0,05); ** significativo a 1% de probabilidade.

A partir de 7 DAA, com exceção da dose de 335 g ha⁻¹, todas as demais doses de 2,4-D proporcionaram um controle total das plantas de *M. aquaticum*. Ressalta-se que a menor dose testada se mostrou ineficiência no controle da planta aquática por todo o período experimental, inclusive com rebrotas. Também Negrisola et al. (2003) encontraram excelentes resultados do 2,4-D sobre planta de *M. aquaticum* com 100% de controle com doses iguais ou superiores a 670 g ha⁻¹; já aos 14 e 26 DAA, respectivamente, o que corroboram os resultados ora encontrados.

Para *H. coronarium*, o herbicida 2,4-D proporcionou aos 3 DAA pequenas injúrias a partir da dose de 2.345 g ha⁻¹ e que evoluíram de forma comedida aos 7 DAA, porém neste período as menores doses de 2,4-D (335 e 1.005 g ha⁻¹) passaram a proporcionar leves injúrias às plantas (Tabela 2).

Aos 15 DAA, as plantas de *H. coronarium* apresentavam um controle eficiente nas três maiores doses (1.675, 2.345 e 3.015 g ha⁻¹), porém ainda insatisfatório nas duas menores doses (335 e 1.005 g ha⁻¹). Aos 21 DAA, as três doses maiores de 2,4-D proporcionaram controles excelentes da planta aquática, atingindo 99% e que se mantiveram até o final do estudo, aos 60 DAA. Contudo, a menor dose testada de 2,4-D (335 g ha⁻¹) proporcionou um controle deficiente até o final do estudo e a partir da dose de 1.005 g ha⁻¹ proporcionou um controle muito bom da macrófita, porém inferior significativamente às três doses maiores (Tabela 2).

A produção de massa seca nas plantas de *M. aquaticum* foi afetado negativamente pela aplicação das diferentes doses de 2,4-D, sendo inexistente a partir da dose de 1.005 g ha⁻¹, o que confirmou o excelente controle visual proporcionado pelo herbicida (Tabela 2) e apenas um pequeno acúmulo de 3,07% na menor dose, 335 g ha⁻¹. Para *H. coronarium*, houve uma redução no acúmulo de massa seca em todas as doses testadas sendo mais satisfatória nas doses a partir de 1.005 g ha⁻¹, porém na dose de 335 g ha⁻¹ o acúmulo foi de 32,08% de massa seca. Ressalta-se que ocorreu rebrota nesta menor dose de 2,4-D aplicada sobre as plantas de *M. aquaticum*, o que determinou acúmulos maiores de massa seca, porém inferiores ainda ao verificado na testemunha. Deve-se salientar que o herbicida 2,4-D provocou a decomposição completa de seus tubérculos nas doses que apresentaram controle excelente.

Para *B. subquadripara* que, independente da dose do herbicida diquat testada, estas mostraram-se ineficientes em seu controle. Nota-se no decorrer dos períodos de avaliação que os controles foram incrementados em uma determinada época e posteriormente reduzindo. Tal fato foi devido a rebrotas que ocorreram nas plantas, o que determinou ao final do estudo, 60 DAA, controles considerados insatisfatórios desta planta aquática (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de controle de *Brachiaria subquadrifida* e *Myriophyllum aquaticum*, pelo herbicida diquat, em épocas de avaliação.

Dose (g i. a. ha ⁻¹)	<i>Brachiaria subquadrifida</i>						
	Dias após a aplicação do herbicida						
	3	7	15	21	30	45	60
100	0,0 e	15,0e	20,0 f	27,5 e	20 f	15 d	15 d
200	5,0 d	30,0 d	40,0 e	45,0 d	40 e	35 c	35 c
300	10,0 c	55,0c	82,5 c	80 b	75 c	65 b	65 b
400	20,0 b	55,0 c	75,0 d	70 c	65 d	65 b	65 b
500	20,0 b	70,0 b	92,5b	90 a	80 b	70 a	70 a
600	25,0 a	75,0 a	96,5 a	92 a	85 a	70 a	70 a
F tratamento	481,550**	975,904**	2738,681**	2453,910**	1491,765**	3780,251**	3780,251**
C.V. (%)	10,63	4,7	2,7	2,4	3,4	2,2	2,2
DMS	1,89	3,13	2,47	2,2	2,79	1,57	1,57
Dose (g i. a. ha ⁻¹)	<i>Miriophyllum aquaticum</i>						
	3	7	15	21	30	45	60
100	28,0 d	47,5 c	50,0 c	40 e	35 d	30 d	30 d
200	50,5 c	65,0 b	70,0 b	60 d	50 c	35 c	35 c
300	67,5 b	88,0 a	98,5 a	70 c	60 a	50 b	50 b
400	67,5 b	88,0 a	98,5 a	75 b	60 a	50 b	50 b
500	67,5 b	88,0 a	98,5 a	80 a	55 b	55 a	55 a
600	72,5 a	88,0 a	98,5 a	80 a	60 a	55 a	55 a
F tratamento	752,824**	746,187**	4946,897**	311,286**	123,697**	269,449**	269,449**
C.V. (%)	3,3	2,5	1,0	4,0	5,2	4,4	4,4
DMS	2,58	2,64	1,23	3,68	3,72	2,74	2,74

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste tukey (P>0,05); ** significativo a 1% de probabilidade.

O mesmo tipo de comportamento foi notado para as plantas de *M. aquaticum*, no qual o herbicida diquat mostrou-se ineficiente em seu controle, independente das maiores doses proporcionarem controles considerados muito bons até os 15 DAA, porém ao final do estudo, devido a rebrotas o controle visual foi ineficiente para todas as doses testadas (Tabela 3).

Independente de que visualmente o controle, tanto para as plantas de *B. subquadrifida* quanto para as de *M. aquaticum* pelo herbicida diquat ter sido insatisfatório (Tabela 3), nota-se na Figura 3, que as diferentes doses testadas de diquat reduziram o acúmulo de massa seca das plantas. Segundo Costa et al. (2012) a ocorrência de rebrotas observada em *B. subquadrifida* revelou a importância do monitoramento constante nas áreas aplicadas, a fim de que se possa

avaliar a necessidade de uma reaplicação e evitar a reinfestação. Ressalta-se, que devido a rebrotas em suas plantas, no decorrer do tempo haveria uma recomposição de massa seca acumulada o que demandaria novas aplicações, podendo assim ser traçado um plano de manejo para uma colheita mecanizada, devido sua redução de matéria seca.

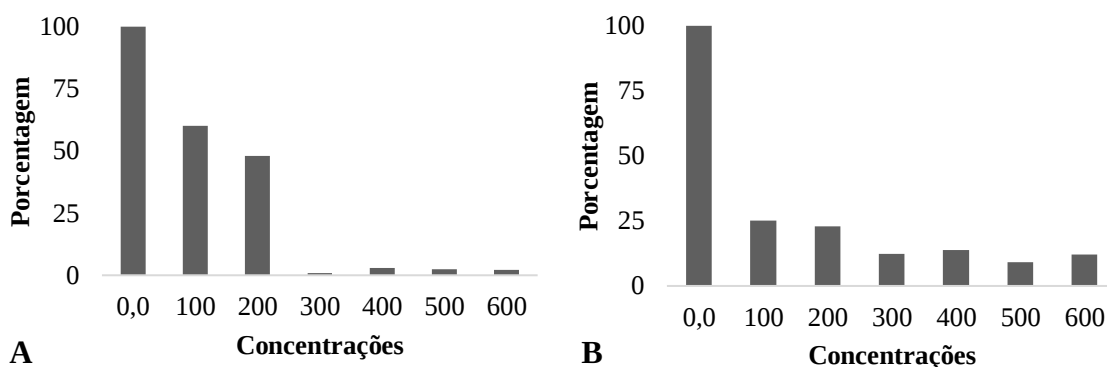


Figura 2. Efeito do herbicida diquat no acúmulo porcentual total de produção de biomassa seca da parte aérea de *Brachiaria subquadrifida* (A) e *Myriophyllum aquaticum* (B) em relação a testemunha.

2.5 Conclusões

Com base nos resultados deste estudo conclui-se que: o glyphosate foi eficaz no controle das plantas de *B. subquadrifida* independente da dose testada e sem acúmulo de matéria seca, bem como proporcionou um bom controle do *M. aquaticum* apenas nas duas doses maiores utilizadas, com uma queda na produção de massa seca e foi eficiente para o *H. coronarium* dependendo da dose analisada.

Quanto ao 2,4-D, as doses testadas foram eficientes no controle das plantas de *M. aquaticum* e *H. coronarium* e, sem o acúmulo de massa seca, exceção a menor dose utilizada.

O herbicida diquat proporcionou visualmente controles insatisfatórios, porém todas as doses testadas reduziram o acúmulo de massa seca da parte aérea,

fazendo com que possa ser traçado um plano de manejo integrado entre químico e mecânico com este herbicida.

2.5 Referências

- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas**. Londrina: IAPAR, Livroceres, p.468, 1985.
- AMARANTE JUNIOR, O. P., DOS SANTOS, T. C. R., BRITO, N. M., & RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quim. Nova**, v.25, p.589-593, 2002.
- BARRETO, R. et al. Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. **Crop Protec.**, v.19, p.697-703, 2000.
- CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; TERRA, M. A. Control of *Brachiaria subquadripara* and *Brachiaria mutica* by different herbicides applied post-emergence **Planta Daninha**, v.21, p.79-84, 2003.
- CASON C.; ROOST B.A.; Species selectivity of granular 2,4-D herbicide when used to control Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in Wisconsin lakes. **Invasive Plant Sci Manag**, v.4, p.251-259, 2011.
- COSTA, N. V., MARTINS, D., RODELLA, R. A., RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Alterações anatômicas foliares em plantas de *Brachiaria subquadripara* submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, p.253-261, 2012.
- CRUZ, C., SILVA, A. F., LUNA, L. V., YAMAUCHI, A. K. F., GARLICH, N., & PITELLI, R. A. Glyphosate Effectiveness in the Control of Macrophytes Under a Greenhouse Condition. **Planta Daninha**. v.33, p.241-247, 2015.
- DODGE. A. D. The mode of action of the bipyridylum herbicides, paraquat and diquat. **Endeavor**, v.30, p.130-135, 1971.
- EMERINE, S. E. RICHARDSON, R. J., TRUE, S. L., WEST, A. M., & ROTEN, R. L.. Greenhouse response of six aquatic invasive weeds to imazamox. **J. Aquat. Plant Management**. v.48, p.105-111, 2010.
- GETTYS, L.A.; HALLER, W.T.; BELLAUD, M. Biology and control of aquatic plant: A best management practices handbook. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, **Marietta GA**, p.238, 2014.
- HARLEY, K. L. S.; FORNO, I. W. Biological control of aquatic weeds by means of arthropods. In: PETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Eds.) Aquatic weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. New York: **Oxford Science Publications**, p.177-185, 1990.

HOFSTRA, D.E.; CHAMPION, P. D., DUGDALE, T. M. Herbicide trials for the control of parrotsfeather. **J. Aquati. Plant Management**. v.44, p.13-18, 2006;.

KISSMANN, G. K. **Plantas infestantes e nocivas**. 3 ed São Paulo: BASF, p.608 2000.

MUDGE, C. R., e NETHERLAND, M. D. Response of giant bulrush, water hyacinth, and water lettuce to foliar herbicide applications. **Journal of aquatic plant management**, v.52, p.75-80, 2014.

NEGRISOLI, E., TOFOLI, G. R., VELINI, E. D., MARTINS, D., & CAVENAGHI, A. L. Chemical control of *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, v.21, p.89-92, 2003.

PIETERSE, A. H. e MURPHY J. K. Aquatic weeds. New York: Oxford Science Publications. p.593, 1990.

PITELLI, R. A.; MARTINS, D.; VELINI, E. D. Interferência e controle de macrófitas aquáticas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. R. Manual de manejo de controle de plantas daninhas. Passo Fundo, **Embrapa**, p.299-328, 2008.

SILVA, A. F., CRUZ, C., PITELLI, R. L. C. M., & PITELLI, R. A. Use of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a biological control agent for submerged aquatic macrophytes. **Planta Daninha**, v.32, p.765-773, 2014.

SILVA, D. S.; MARQUES, E. E.; LÓLIS, S. F. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface** (Porto Nacional), v.04, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**: Londrina, v.42, 1995;.

SOUZA, J. S., PEDROSA, P., GUTS, P. V., DE AMARAL GRAVINA, G. Aplicação das concentrações e proporções de nutrientes no diagnóstico da eutrofização. **Vértices**, v.16, p.203-222, 2014.

STONE, C. P., SMITH, C. W., TUNISON, J. T. Alien plant invasions in native ecosystems of Hawai'i: management and research. **University of Hawai**, 1992.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados pelas plantas aquáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Resumos**. Brasília, DF: IBAMA, p.36-38, 1998.

VICTOR T.J., MARIMUTHUS, T.; SIVARAMAKRISHNAN, K. G. Aquatic macrophytes and the associated mosquitoes in and around Madurai City (Tamil Nadu). **Indian Journal of Malariology**, Nova Delhi, v.151, p.5-28, 1991.

CAPÍTULO 3 – CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS AQUÁTICAS E QUALIDADE DE ÁGUA EM MESOCOSMOS

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de glyphosate, 2,4-D e diquat no controle das plantas de *Brachiaria subquadrifida*, *Hedychium coronarium*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, *Typha subulata* e *Myriophyllum aquaticum* em condições de mesocosmo. Utilizou-se os seguintes herbicidas nas doses: glyphosate a 3.640 g e. a ha⁻¹; 2,4-D a 2.010 g e. a ha⁻¹; e o diquat a 700 g i. a ha⁻¹, um controle. O estudo foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com sete repetições. As pulverizações foram efetuadas com um pulverizador costal a pressão constante de CO₂ a 172,36 KPa, ponta DG11002 e um consumo de calda de 200 L. ha⁻¹. A eficácia de controle foi verificada visualmente aos 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA), bem como avaliou-se a qualidade da água, clorofila a, feofitina a, DBO e DQO, antes da aplicação de herbicidas e aos 7, 21, 30 e 45 DAA. O glyphosate promoveu a melhor eficácia de controle com (100%) das plantas de *B. subquadrifida*, *T. subulata*, *P. stratiotes* e *E. crassipes*; o 2,4-D proporcionou o melhor controle para *E. crassipes* e *T. subulata*, para o diquat, observou um excelente controle das plantas de *P. stratiotes* e *E. crassipes*, além de permitir rebrotas. Para a qualidade da água, a temperatura e o PH estes não apresentaram mudanças em relações aos herbicidas testados, enquanto que para o oxigênio e a condutividade elétrica, observou-se alterações pontuais, para os herbicidas glyphosate e diquat.

Palavras-chave: manejo químico, planta daninha, ambiente aquático

EFFECTIVENESS OF HERBICIDES IN CONTROL OF AQUATIC PLANTS AND WATER QUALITY IN MESOCOSM CONDITIONS

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the efficacy of glyphosate, 2,4-D and diquat in the control of *Brachiaria subquadrifida*, *Hedyotis coronarium*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, *Typha subulata* and *Myriophyllum aquaticum* under mesocosm conditions. The following herbicides and doses were used: glyphosate at 3,640 g and. A ha⁻¹; 2,4-D to 2,010 g e. A ha⁻¹; And diquat at 700 g i. The ha⁻¹, in addition to a witness. The study was conducted in a completely randomized design with seven replicates. The sprays were sprayed with a constant pressure sprayer of CO₂ at 172,36 KPa, tip DG11002 and a consumption of syrup of 200 L. ha⁻¹. Control efficacy was evaluated visually at 3, 7, 15, 21, 30, 45 and 60 days after application (DAA), as well as water quality, chlorophyll a, pheophytin a, BOD and COD before Herbicide application and at 7, 21, 30 and 45 DAA. Glyphosate promoted the best control efficiency with (100%) plants of *B. subquadrifida*, *T. subulata*, *P. stratiotes* and *E. crassipes*; The 2,4-D provided the best control for *E. crassipes* and *T. subulata* for diquat, observed an excellent control of the plants of *P. stratiotes* and *E. crassipes*, besides allowing regrowth. For the water quality, the temperature and the pH did not show changes in relation to the herbicides tested, whereas for the oxygen and the electrical conductivity, it was observed point alterations, for glyphosate and diquat herbicides.

Keywords: chemical management, aquatic weed, aquatic environment

3.1 Introdução

O uso de substâncias químicas no controle de plantas aquáticas tornou-se uma ferramenta com respaldo legal no Brasil após a sua regulamentação por meio da resolução nº 467, de 16 de julho de 2015. Publicada na DOU, nº 137, de 17 de julho de 2015, que dispõe sobre o uso de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos (CONAMA, 2015).

Contudo, a utilização de herbicidas de maneira indiscriminada pode contribuir para a contaminação dos ecossistemas aquáticos afetando os organismos não alvos presentes nestes ambientes Couillard et al. (2008). A maior restrição quanto a viabilidade de produtos químicos em ambientes aquáticos é o contato direto destes organismos sem uma avaliação precisa da dinâmica ambiental e dos possíveis efeitos ecotoxicológicos (CEDERGREEN & STREIBIG, 2005)

Crosland et al., (1991) avaliaram um modelo artificial de estudo ao ar livre, para simular condições ambientais naturais, para determinar limites de concentrações tóxicas de produtos químicos em ambientes aquáticos; o método era de fluxo contínuo e parcialmente contínuo com parcial recirculação do sistema. Portanto a importância de estudos em mesocosmo, simulando o mais próximo possível de um ambiente de campo.

Alguns herbicidas se destacam no controle de plantas aquáticas como o diquat Christopher. (2013); Mudge et al. (2014); imazapyr Sellers et al. (2008); triclopyr Hofstra et al. (2016); penoxsulam Christopher (2013); imazamox Christopher (2013); 2,4-D Wersal et al. (2010); fluridone Cheshier et al. (2011) endothal Poovey et al. (2013) e o glyphosate (SELLERS et al., 2008; CRUZ et al., 2015).

O diquat (1-1'-etileno-2-2'-dibrometo de bipyridílio) interfere no processo de captação de energia, no transporte de elétrons Dodge (1971); já o 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) é um mimetizador de auxina Almeida e Rodrigues (1985) e o glyphosate, uns dos herbicidas mais comercializado no mundo com mais de 150 marcas comerciais, apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima EPSPS (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase), que catalisa as reações de síntese de aminoácidos aromáticos (SANDRINI et al., 2013).

Dessa forma o manejo químico tem demonstrado elevada eficácia e boa relação custo/benefício (Gettys et al., 2014), comparado ao controle mecânico (Pitelli et al., 2008); ao biológico (HARLEYE FORNO, 1990; BARRETO et al., 2000; SILVA et al., 2014).

As plantas aquáticas enraizadas como o *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc, originária da América do Sul, é uma dicotiledônea, pertencente a ordem Myrtales e a família Haloragaceae Cason e Roost (2011); a *Brachiaria subquadripara* (Trin.) Hitch, é uma planta perene, estolonífera originária da África que pertence à família Poaceae, invasora e com um desenvolvimento vegetativo muito rápido, Kissmann (1997); O *Hedychium coronarium* J. König é uma monocotiledônea da família Zingiberaceae, rizomatosa, de hábito herbáceo perene e ainda pouco estudada, Stone et al. (1992) e a *Typha subulata* (Crespo&Pérez-Mor.) pertence à família Tryphaceae, esta espécie favorece o acúmulo de material erodido, além de diminuir a capacidade de armazenamento de água do reservatório devido ao elevado número de plantas (SILVA & MARTINS, 2004).

Dentre as plantas aquáticas flutuantes, a *Pistia stratiotes* L. (alface d'água) pertence à família Araceae, apresenta alta capacidade de multiplicação vegetativa e habilidade para regenerar-se a partir de pequenas porções da planta, Brundu et al. (2012) e a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, (aguapé) pertencente à família Pontederiaceae, uma planta nativa tropical da América que foi introduzida como planta ornamental (HOLM et al. 1977).

Tendo em vista a necessidade de conhecimento sobre a eficácia dos produtos químicos para os diferentes tipos de plantas aquáticas, estudos em mesocosmos oferecem a possibilidade de conhecer mais sobre a dinâmica de diferentes espécies em competição (STRELOK, 1998),

Assim, um maior conhecimento sobre o controle químico de plantas aquáticas em mesocosmos que simule o mais próximo de um ambiente natural, poderá contribuir para a tomada da melhor decisão no manejo em ambientes de várzea.

3.2 Objetivos

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia e variáveis ambientais dos herbicidas glyphosate, 2,4-D e diquat no controle das plantas aquáticas. *B. subquadripa*, *H. coronarium*, *T. subulata*, *M. aquaticum*, *E. crassipes* e *P. stratiotes* em condições de mesocosmo.

3.3 Material e Métodos

3.3.1 Cultivo das macrófitas e instalação do experimento

As plantas de *B. subquadripa*, *M. aquaticum*, *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram cultivadas em caixas com capacidade de 1.000 litros, preenchidas com substrato formado por areia grossa, adubo orgânico e solo (1:1:1 vv⁻¹) e com fluxo contínuo de água.

O *H. coronarium* e *Typha subulata* foram coletados em uma represa localizada no município de Barretos/SP (S 20°35'16,66" e WGr 48°32'21,24").

O estudo foi realizado em condição de mesocosmos (1,86x1,00m), abastecido com água de poço tipo cisterna. Em cada mesocosmo foi adicionado 100 L de solo no fundo do mesmo, com uma lâmina d'água de 10 cm e fluxo contínuo de água simulando uma área de várzea (1 ml/sec).

Em cada mesocosmo foi transplantado cinco ponteiros de 7 cm da planta *B. subquadripa* e três de *M. aquaticum*, uma planta de *E. crassipes* e de *P. stratiotes*; um tubérculo de *H. coronarium* e uma planta de *T. subulata*, no total de seis espécies que cresceram juntas no mesocosmo.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada quando as plantas apresentaram crescimento vigoroso e ocupação de 80 a 90% dos mesocosmos. Foram utilizados os herbicidas glyphosate na formulação Rodeo® (480 g L⁻¹ de equivalente ácido) na dose de 3.840 g e. a ha⁻¹; o 2,4-D na formulação DMA 806® (670 g L⁻¹ equivalente ácido) na dose 2.010 g e. a ha⁻¹ e o diquat na formulação Reglone® (200 g L⁻¹ Diquate) na dose de 700 g i. a. ha⁻¹.

Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas: glyphosate (3.840 g e. a ha⁻¹), 2,4-D (2.010 g e. a ha⁻¹) e diquat (700 g i. a. ha⁻¹), além de um controle. O estudo foi instalado com sete repetições no delineamento inteiramente casualizado (DIC).

3.3.2 Aplicação e avaliações

As aplicações dos herbicidas foram efetuadas com pulverizador costal de pressão constante de CO₂ de 172,36 KPa e consumo de calda de 200 L ha⁻¹, com quatro ponta do modelo DG 110.02, no espaçamento de 50 cm; as condições ambientais foram: 27,2°C de temperatura 47% de U.R. e com vento de 0,5 a 1,5 km h⁻¹.

Foram realizadas avaliações de eficácia visual de controle e avaliações visuais de rebrota, seguindo a escala de notas recomendada pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas em que a nota 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria e 100% a morte da planta (SBCPD, 1995), aos 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA).

Também foram realizadas avaliações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), Clorofila a e Feofitina a segundo a norma da CETESB L5.306 de fevereiro de 2014, e das variáveis físicas e químicas da água (Temperatura, Oxigênio, Condutividade e pH) com uma sonda multiparâmetros YSI 556 MPS da YellowSpring Co©, aos 0, 7, 21, 30, 45 e 60 DAA.

3.4 Resultados e Discussão

Observa-se na Tabela 1 a eficácia do herbicida glyphosate para as plantas de *P. stratiotes*, *E. crassipes*, *T. subulata* e *B. subquadripara*. Os sinais visuais e iniciais de intoxicação foram o amarelecimento das folhas, seguidas de clorose e posteriormente evoluiu para necrose. Aos 3 DAA apenas as plantas de *M. aquaticum* não apresentaram sinais de intoxicação provocada pelo herbicida glyphosate. As demais plantas aquáticas apresentaram injurias visuais considerados brandas e que

não caracterizaram neste período um controle ainda satisfatório das demais espécies estudadas.

Na avaliação de 7 DAA ocorreu um aumento significativo na eficácia de controle considerado bom, para as espécies estudadas, exceto para *H. coronarium* e *M. aquaticum*. Aos 15 DAA o controle foi excelente para as espécies analisadas (98,2 a 100%), exceto para *H. coronarium* que atingiu um controle apenas satisfatório (70%) e insuficiente para *M. aquaticum* (51,2%).

Aos 21 DAA e, até ao final do estudo aos 60 DAA, o controle proporcionado pelo glyphosate foi total das plantas de *P. stratiotes*, *E. crassipes*, *T. subulata* e *B. subquadripara*.

Para *H. coronarium*, o controle manteve-se apenas satisfatório (70%) e ao final do estudo proporcionou um controle considerado excelente, com 98% de eficiência. O *M. aquaticum* apresentou um controle insatisfatório até o final das avaliações. Ressalta-se que em um estudo, com *M. aquaticum*, Emerine et al., 2010 ao trabalhar com a dose de 2.240 g e. a ha⁻¹ de glyphosate encontrou um bom resultado de controle já aos 35 DAA, de 94%, o que não corrobora os resultados ora encontrados, talvez a não utilização de adjuvantes a calda.

Ressalta-se que em um estudo de Silva & Martins (2004) observaram resultado também satisfatório para a *T. subulata*, pois em 15 DAA já apresentava um controle considerado muito bom (87,5%), com a dose de 3.360 g e. a. ha⁻¹ + 0,5% de Aterbane®. Em outro estudo, Costa et al. (2012) obteve um controle excelente de 98,8% para *B. subquadripara* com 4.320 g ha⁻¹ + 0,5% de Aterbane® BR em 63 DAA, como ora observado. Cruz et al. (2015) com o glyphosate + 0,5% vv⁻¹Aterbane® BR, também observaram 100% de controle para *B. subquadripara* aos 30 DAA para a dose de 3.360 g ha⁻¹.

Carbonari et al. (2003) em estudo com *B. subquadripara* e o herbicida glyphosate para a dose de 4.320 g i. a. ha⁻¹ + 0,1% de Silwet®, obteve 100% de controle na avaliação de 75 DAA. Em outro estudo Martins et al. (2002) utilizando a dose de 3.336 g i. a. ha⁻¹ + 0,5% de Aterbane®, obteve controle excelente aos 8 DAA para *P. stratiotes*, e para *E. crassipes* o controle excelente foi aos 20 DAA para a dose de 1,340 g i. a. ha⁻¹ + 0,5% de Aterbane®. nota-se que mesmo com a adição do

adjuvante na calda de pulverização o resultado foi satisfatório em porcentagem de ambos estudos

Tabela 1. Porcentagem de controle de plantas aquáticas proporcionada pelo herbicida glyphosate, nas épocas de avaliação.

Espécies	glyphosate (3.840 g e. a ha ⁻¹)						
	Dias após a aplicação do herbicida						
	3	7	15	21	30	45	60
PIIST	12,5 a	71,2 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
EICCR	12,5 a	86,2 ab	98,2 a	100 a	100 a	100 a	100 a
THYSU	11,2 a	97,2 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
BRASU	7,5 a	87,5 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
HEYCO	1,2 a	8,7 c	70,0 b	70,0 b	78,7 ab	95,0 a	98,0 a
MYPBA	0,0 a	0,0 c	51,2 c	51,2 c	72,5 b	66,2 b	57,5 b
F tratamento	1,85 ^{ns}	56,42 ^{**}	48,12 ^{**}	48,12 ^{**}	6,85 ^{**}	13,98 ^{**}	28,67 ^{**}
C.V. (%)	94,8	21,8	7,9	7,9	11,9	8,6	7,8
DMS	13,9	24,9	13,3	13,3	21,3	15,8	14,0

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05).

PIIST = *Pistia stratiotes*, EICCR = *Eirchhonia crassipes*, THYSU = *Typha subulata*, MYPBA = *Myriophyllum aquaticum*, BRASU = *Brachiaria subquadrifida* e HEYCO = *Hedychium coronarium*

Em relação ao 2,4-D, verifica-se que para *B. subquadrifida* que o herbicida não proporcionou qualquer sinal de injúria nas plantas durante todo o período experimental. Tal fato, era esperado uma vez que o 2,4-D é um herbicida para controle de eudicotiledôneas. Aos 3 DAA nota-se apenas um controle considerado eficiente para as plantas de *M. aquaticum*, com 92,5%, que ao final do estudo, aos 60 DAA, apresentou-se apenas regular, com 74,7% de eficácia, devido a rebrotas (Tabela 2).

Aos 7 DAA, para *P. stratiotes* observa-se um bom controle, da ordem de 77%, que evoluiu até os 21 DAA, porém ao final das avaliações, atingiu um controle de 80% devido a rebrotas (Tabela 2). Ainda, aos 7 DAA, verifica-se tanto para *E. crassipes* como para *T. subulata* um incremento de controle que evoluiu de forma eficiente até o final do estudo com 100 e 99,5%, respectivamente (Tabela 2).

Para o *H. coronarium*, estas somente apresentaram controle eficiente a partir dos 21 DAA e que evoluiu até o término do estudo, aos 60 DAA, atingindo 99,7% de controle (Tabela 2).

Segundo NEVES et al. (2002) o herbicida 2,4-D promoveu 100% de controle na avaliação efetuada aos 20 DAA para as plantas de *E. crassipes*, com 2,0 e 4,0 L ha⁻¹, semelhantes ao encontrado neste estudo, no qual 3,0 L ha⁻¹ proporcionou uma elevada eficácia em todas as doses aos 21 DAA.

Também Negrisoli et al. (2003) ao trabalhar com este herbicida nas doses de 167 e 335 g e. a. ha⁻¹ não encontrou controle para *M. aquaticum*. Nota-se que no presente estudo a dose utilizada foi maior, o que permitiu um rápido controle, porém posteriormente ocorreram rebrotas. Cason & Roost (2011) obteve uma diminuição de 65,9% da planta aquática *Myriophyllum spicatum* utilizando uma dose de 112 kg há⁻¹, em sete lagos durante 4 anos de estudo.

Tabela 2. Porcentagem de controle de plantas aquáticas proporcionada pelo herbicida 2,4-D, em épocas de avaliação.

Espécies	2,4-D (2.010 g e.a ha ⁻¹)						
	Dias após a aplicação do herbicida						
	3	7	15	21	30	45	60
PIIST	52,5 b	77,0 a	91,2 a	92,2 a	89,5 ab	84,7 b	80,0 b
EICCR	42,5 b	86,2 a	96,2 a	99,7 a	99,7 a	100 a	100 a
THYSU	32,5 bc	81,2 a	93,7 a	99,0 a	99,5 a	99,5 a	95,0 a
BRASU	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c
HEYCO	12,5 cd	26,0 b	58,5 b	91,2 a	97,5 a	99,5 a	99,7 a
MYPBA	92,5 a	98,7 a	96,7 a	91,0 a	84,5 b	79,5 b	74,7 b
F tratamento	26,75**	62,45**	238,94**	307,67**	200,00**	152,35**	144,19**
C.V. (%)	36,4	18,1	7,6	6,3	7,8	9,1	9,5
DMS	27,6	21,7	10,9	9,7	12,0	13,7	14,1

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05).

PIIST = *Pistia stratiotes*, EICCR = *Eirchhonia crassipes*, THYSU = *Typha subulata*, MYPBA = *Myriophyllum aquaticum*, BRASU = *Brachiaria subquadrifida* e HEYCO = *Hedychium coronarium*

A eficácia biológica do Diquat foi de 100% de controle, de 3 DAA até o termino do experimento para *P. stratiotes* e *E. crassipes* (Tabela 3), similar a dose de 460 g i. a. ha⁻¹ de diquat, também para *P. stratiotes* (MARTINS et al. 2002).

Para *T. subulata* ocorreu diferença significativa entre os períodos avaliados a partir de 21 DAA com 96,7% de controle (Tabela 3).

Para o *M. aquaticum* o diquat controlou significativamente 92,2 a 94,5% das plantas entre 3 e 15 DAA, porém a partir de 30 DAA ocorreu rebrota com diminuição

significativa do controle (Tabela 3). Este comportamento também ocorreu para a *B. subquadrifida* com controle de 81,2% em 7 DAA e diminuiu significativamente o controle devido o surgimento de rebrota (Tabela 3)

A utilização de 4,5 Kg i. a. há⁻¹ de diquat em *Persicaria hydropiperoides* também ocorreu controle inicial de 80%, com diminuição significativamente até a sexta semana após aplicação Madsen et al. (2015), similar ao ocorrido para *B. subquadrifida*, *H. coronarium* e *M. aquaticum*.

Tabela 3. Porcentagem de controle de plantas aquáticas proporcionada pelo herbicida Diquat, em épocas de avaliação.

Espécies	Diquat (700 g i. a. ha ⁻¹)						
	Dias após a aplicação do herbicida						
	3	7	15	21	30	45	60
PIIST	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
EICCR	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
THYSU	73,7 bc	86,2 ab	92,5 ab	96,7 a	98,0 a	94,5 a	92,5 a
BRASU	77,5 abc	81,2 bc	79,7 b	74,5 b	68,7 b	63,2 b	56,7 b
HEYCO	56,2 c	65,0 c	59,7 c	52,7 c	43,2 c	35,0 c	25,2 c
MYPBA	92,2 ab	98,0 a	94,5 a	88,5 a	77,0 b	70,0 b	61,2 b
F tratamento	9,63**	13,23**	25,89**	36,28**	82,66**	73,60**	81,32**
C.V. (%)	14,9	9,6	7,8	8,1	6,9	8,8	10,3
DMS	24,4	16,7	13,4	13,6	11,0	13,2	14,6

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05).

PIIST = *Pistia stratiotes*, EICCR = *Eirichonia crassipes*, THYSU = *Typha subulata*, MYPBA = *Myriophyllum aquaticum*, BRASU = *Brachiaria subquadrifida* e HEYCO = *Hedychium coronarium*

Também para *B. subquadrifida*, o herbicida diquat proporcionou uma boa eficácia inicial, principalmente aos 7 DAA. Contudo, já a partir dos 15 DAA ocorreu redução da eficiência do herbicida e que foram observadas até o final do estudo, aos 60 DAA (Tabela 3).

A concentração de clorofila a na água das parcelas tratadas com glyphosate foi maior na avaliação de 30 DAA (1,50 µg L⁻¹); para a feofitina a (2,03 µg L⁻¹) na mesma época de avaliação nota-se que houve um aumento na degradação da clorofila e, na avaliação de 30 DAA este aumento continuou (Figura 1). Este efeito observado pode ser devido ao herbicida, por ser sistêmico e sua eficácia ter ocorrido

nesta época, quando o glyphosate obteve controle da maioria das macrofitas com 15 DAA (Tabela 1).

O 2,4-D proporcionou um resultado para clorofila *a* e feofitina *a* bem semelhantes, pois na avaliação de 7 DAA, a concentração de clorofila *a* esteve em $0,85 \mu\text{g L}^{-1}$ e a de feofitina *a* em $1,09 \mu\text{g L}^{-1}$, ambas aumentaram na mesma constância, resultado obtido também nas avaliações de 45 e 60 DAA (Figura 1).

Para o herbicida diquat a concentração de clorofila *a* foi maior nas avaliações de 21, 45 e 60 DAA ($1,00$; $1,01$ e $1,04 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente), sendo o mesmo comportamento verificado para feofitina *a*. Este fato está relacionado ao diquat ser um herbicida de contato, pois aos 21 DAA já apresentava uma grande eficácia de controle das diferentes espécies, exceção a *B. subquadripa*, portanto com uma intensa liberação de clorofila *a* na água do mesocosmo.

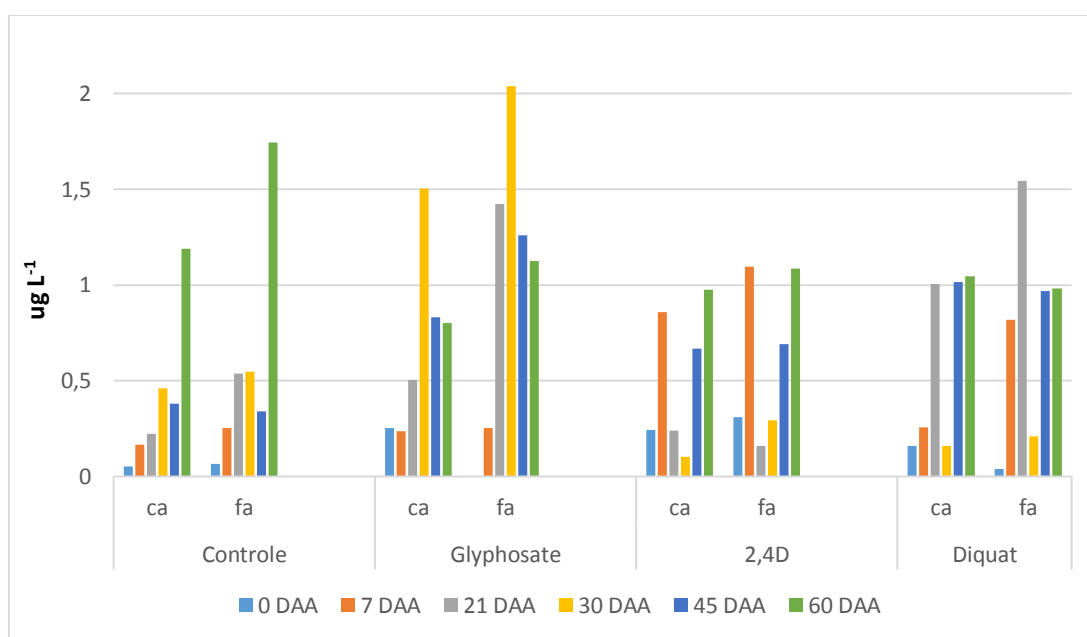


Figura 1. Concentrações de Clorofila *a* (ca) e Feofitina *a* (fa) na água.

Os três herbicidas estudados no controle das plantas aquáticas apresentaram um comportamento semelhante em relação a temperatura da água em todos os períodos avaliados. Ressalta-se que aos 30 DAA e no início do estudo (0 DAA) a temperatura foi a mais baixa encontrada ($23,9^{\circ}\text{C}$) e a maior foi aos 21 DAA ($34,2^{\circ}\text{C}$) (Figura 2)

O oxigênio dissolvido está ligado ao processo de fotossíntese e respiração/decomposição. Na avaliação de oxigênio na água o herbicida que apresentou um aumento na liberação de oxigênio na água foi o diquat, pois logo aos 7 DAA estava acima dos demais herbicidas, isto devido a ser um herbicida de contato, as plantas do 7 ou 15 DAA (fase de controle) já se encontravam em decomposição e este processo causou provavelmente esta variação de oxigênio dissolvido observado. Aos demais herbicidas os resultados foram semelhantes no decorrer das avaliações (Figura 2).

Na avaliação de 45 DAA, nota-se que houve uma queda drástica no valor de oxigênio dissolvido para todos os herbicidas testados, bem como na testemunha, esta queda pode ser devido ao aumento na temperatura no ambiente no dia da avaliação de 45 DAA e no aumento da decomposição das plantas, correlacionando com a avaliação de 45 DAA da condutividade (Figura 2).

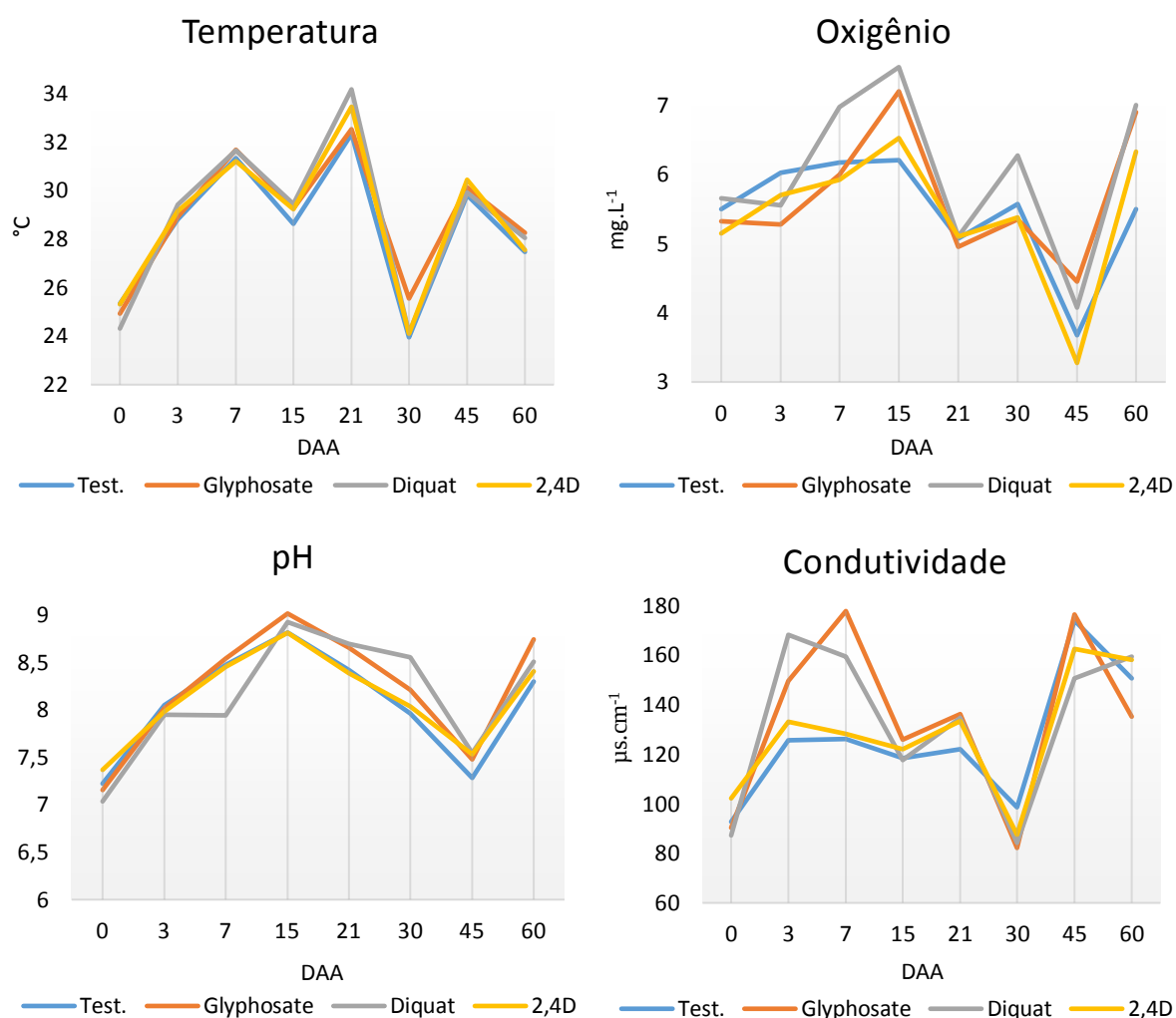


Figura 2. Variáveis de qualidade da água durante a condução do estudo (Temperatura, Oxigênio, PH e condutividade elétrica).

O valor médio de pH variou de 7,04 a 9,02 (Figura 2), sendo que os herbicidas apresentaram o mesmo comportamento de oscilações nas datas de avaliação. Ressalta-se que o diquat na avaliação de 7 DAA proporcionou um pH de 0,50 abaixo dos demais produtos; fator este que pode estar associado ao efeito do herbicida na planta, por ser um herbicida de contato e sua atuação na planta ser rápida, quando já causou um bom controle no mesocosmo e proporcionou um começo de decomposição das plantas (Tabela 3).

Quanto a condutividade elétrica nota-se que os herbicidas apresentaram comportamentos semelhantes no decorrer da avaliação. No entanto, o diquat na avaliação de 3 DAA foi o que apresentou maior valor (168,25 $\mu\text{s cm}^{-1}$); no decorrer

das avaliações a condutividade manteve as mesmas variáveis, não apresentando variações entre os herbicidas. Para o herbicida glyphosate nota-se na avaliação de 7 DAA, que ocorreu um aumento na concentração de condutividade elétrica de $51,73 \mu\text{S cm}^{-1}$ acima do controle, este fato pode ser devido ao começo da decomposição das macrófitas aquáticas por causa da atuação do herbicida (Figura 2).

O valor médio de condutividade elétrica na água está normalmente correlacionado com o grau de decomposição das plantas, sendo uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutriente nos ecossistemas aquáticos (Tavares 1995).

Na análise da demanda biológica de oxigênio (DBO), registra-se aos 30 DAA que os herbicidas diquat e glyphosate apresentaram um aumento $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ no valor de DBO, resultado este esperado devido a decomposição das plantas e disponibilidade de matéria orgânica na água através deste fator (Figura 3). Aos 0, 7 e 21 DAA os tratamentos com 2,4-D e a testemunha apresentavam os mesmos resultados, assim como as parcelas tratadas com glyphosate e diquat, sendo mínimas as diferenças observadas. No final do estudo (60 DAA) os resultados verificados para os diferentes herbicidas apresentaram o mesmo comportamento (Figura 3).

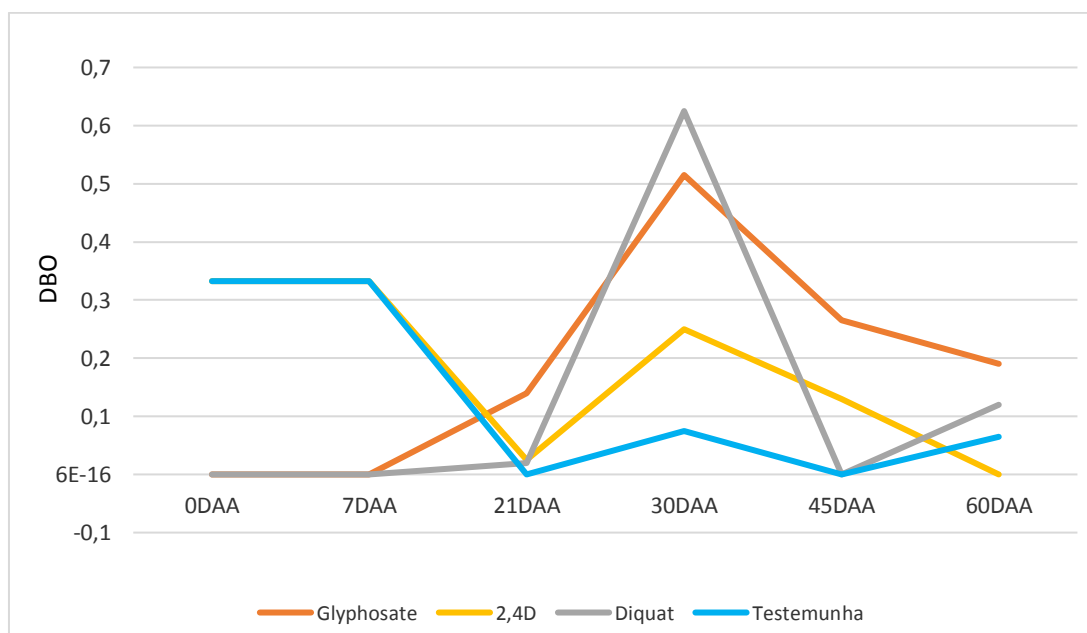


Figura 3. Variável de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), nos períodos de avaliação.

Na avaliação de demanda química de oxigênio a (DQO) verifica-se que ocorreu um aumento representativo apenas para o herbicida glyphosate na avaliação de 30 DAA com 96,41 mg L⁻¹ e que se manteve alta na avaliação de 45 DAA (Figura 4). Este efeito deve estar relacionado a degradação causada pela morte das plantas, sendo que os demais herbicidas e a testemunha apresentaram o mesmo comportamento nas diferentes datas de avaliações. Nota-se que na avaliação de 60 DAA, ocorreu uma queda na demanda química de oxigênio para todos os tratamentos, fator este que deve estar associado a redução da matéria orgânica a ser oxidada (Figura 4).

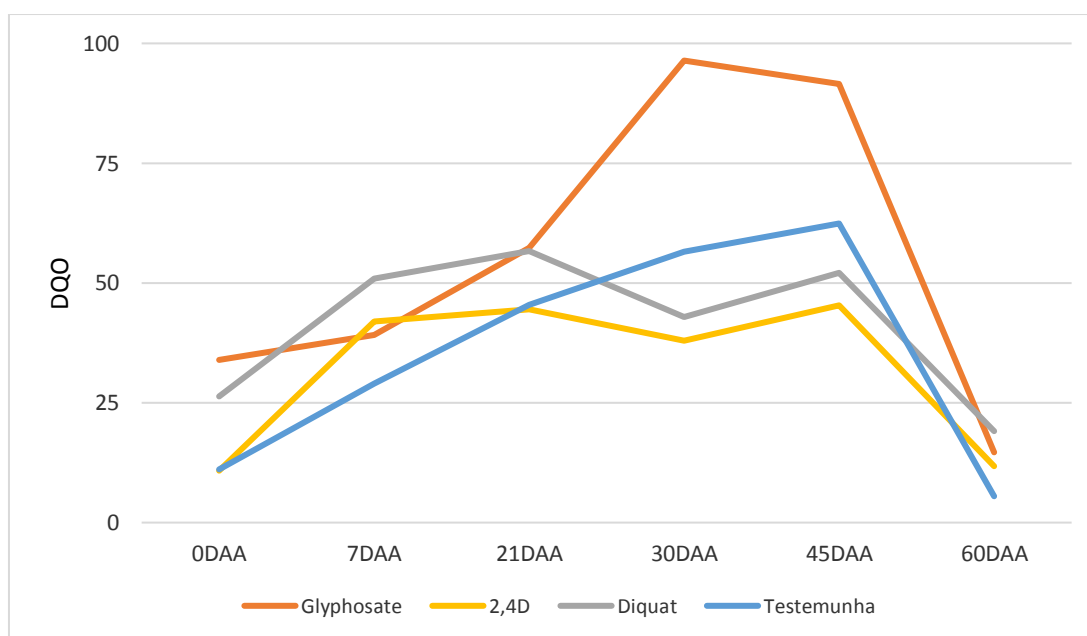


Figura 4. Variável de Demanda Química de Oxigênio (DQO), nos períodos de avaliação.

3.5 Conclusão

O glyphosate foi o herbicida que promoveu melhor controle das plantas aquáticas no mesocosmo, com 100% de eficácia para *P. stratiotes*, *E. crassipes*, *T. subulata* e *B. subquadrifera*. Enquanto que, para o diquat foi observado um controle total apenas para *P. stratiotes* e *E. crassipes*; e o 2,4-D promoveu controle da *E. crassipes*, *T. subulata* e *H. coronarium*.

Quanto a qualidade de água, a temperatura e o pH não foram afetados pelos herbicidas testados, enquanto que para o oxigênio e a condutividade elétrica observou-se alterações pontuais, para os herbicidas glyphosate e diquat. Nas avaliações de clorofila, DBO e DQO, mostrou os exatos momentos em que os mesocosmos se encontravam em decomposição das plantas aquáticas.

3.6 Referências

- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas**. Londrina: IAPAR, Livroceres, p.468, 1985.
- BARRETO, R. et al. Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. **Crop Protec.**, v. 19, p. 697-703, 2000.
- BRUNDU, G., STINCA, A., ANGIUS, L., BONANOMI, G., CELESTI-GRAPOW, L., D'AURIA, G. & SPIGNO, P. *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy). **EPPO Bulletin**, v. 42, n.3, p.568-579, 2012.
- CARBONARI, C. A., MARTINS, D., & TERRA, M. A. Control of *Brachiaria subquadripara* and *Brachiaria mutica* by different herbicides applied post-emergence. **Planta Daninha**, v. 21, n. SPE, p. 79-84, 2003.
- CASON C.; ROOST B.A.; Species selectivity of granular 2,4-D herbicide when used to control Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in Wisconsin lakes. **Invasive Plant Sci Manag**, v.4, p.251-259, 2011.
- CEDERGREEN, N., & STREIBIG, J. C. The toxicity of herbicides to non-target aquatic plants and algae: assessment of predictive factors and hazard. **Pest management science**, v.61 n.12, p. 1152-1160, 2005.
- CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 1990. **Norma técnica CETESB L5.306**. Determinação de pigmentos fotossintetizantes- clorofila-A, B e C e feofitina-A: método de ensaio. 22p.
- CHESHER, J. C., WERSAL, R. M., & MADSEN, J. D. The susceptibility of duckweed (*Lemna minor* L.) to fluridone and penoxsulam. **J. Aquat. Plant Manage.**, v.49, p.50-52, 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA, **Utilização de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos**. Processo: 02000.000110/2011-68, p.1-5, 2015.

COSTA, N. V., MARTINS, D., RODELLA, R. A., RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Alterações anatômicas foliares em plantas de *Brachiaria subquadrifida* submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, p.253-261, 2012.

CROSSLAND, N. O. et al. An outdoor artificial stream system designed for ecotoxicological studies. **Ecotoxicol. Environ. Safety**, v. 22, p. 175-183, 1991.

CRUZ, C., SILVA, A. F., LUNA, L. V., YAMAUCHI, A. K. F., GARLICH, N., & PITELLI, R. A. Glyphosate Effectiveness in the Control of Macrophytes Under a Greenhouse Condition. **Planta Daninha**. v.33, p.241-247, 2015.

DODGE. A.D. The mode of action of the bipyridylum herbicides, paraquat and diquat. **Endeavor** v. 30, p. 130-135, 1971.

GETTYS, L.A.; HALLER, W.T.; BELLAUD, M. Biology and control of aquatic plant: A best management practices handbook. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, **Marietta GA**, p.238, 2014.

HARLEY, K. L. S.; FORNO, I. W. Biological control of aquatic weeds by means of arthropods. In: PETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Eds.) Aquatic weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. New York: **Oxford Science Publications**, p. 177-185, 1990.

HOLM, L. G. et al. The World's Worst Weed, distribution and biology. Honolulu: The Univ. Press of Hawaii. 609p. 1977.

HOFSTRA, D.E.; CHAMPION, P. D., DUGDALE, T. M. Herbicide trials for the control of parrotfeather. **J. Aquatic Plant Management**. v.44, p.13-18, 2006.

KISSMANN, G. K. **Plantas infestantes e nocivas**. 3 ed São Paulo: BASF, p.608 2000.

MADSEN, J D.; WERSAL, R. M.; ROBLES, W. Evaluation of six herbicides for control of swamp smartweed [*Persicaria hydropiperoides* (Michx.) Small] under flooded and moist soil conditions. **Journal of Aquatic Plant Management**, v. 53, p. 224-227, 2015.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichornia crassipes*, e *Salvinia molesta* em caixas D'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 83-97, 2002.

MUDGE, C. R., e NETHERLAND, M. D. Response of giant bulrush, water hyacinth, and water lettuce to foliar herbicide applications. **Journal of aquatic plant management**, v.52, p.75-80, 2014.

NEGRISOLI, E., TOFOLI, G. R., VELINI, E. D., MARTINS, D., & CAVENAGHI, A. L. Chemical control of *Myriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, v.21, p.89-92, 2003.

NEVES T, FOLONI L L, PITELLI R A, Chemical control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, v. 20(n. SPE): p. 89-97, 2002.

PITELLI, R. L. C. M.; TOFFANELI, C. M.; VIEIA, E. A.; PITELLI, R. A.; VELINI, E. D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 473-480, 2008.

POOVEY, A. G., MUDGE, C. R., GETSINGER, K. D., & SEDIVY, H. et al. Control of submersed flowering rush with contact and systemic aquatic herbicides under experimental conditions. **J. Aquat. Plant Manage.**, v.51, p.53-61, 2013.

SANDRINI, J.Z. et al. Effects of glyphosate on cholinesterase activity of the mussel *Perna perna* and the fish *Danio rerio* and *Jenynsia multidentata*: in vitro studies. **Aquatic Toxicology**, v.130–131, p.171–173, 2013.

SELLERS, B. A., & MULLAHEY, J. J. Broadcast vs. wet-blade herbicide applications for southern wax myrtle (*Myrica cerifera*) control. **Weed Technology**, v.22, n.2, p. 286-289, (2008).

SILVA, A. F., CRUZ, C., PITELLI, R. L. C. M., & PITELLI, R. A. Use of grasscarp (*Ctenopharyngodon idella*) as a biological control agent for submerged aquatic macrophytes. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 765-773, 2014.

SILVA, J. R. V., & MARTINS, D. Controle químico de *Typha subulata* em dois estádios de desenvolvimento. **Planta Daninha**, p. 437-443, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBPCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**: Londrina, v.42, 1995.

STONE, C. P.; SMITH, C.W.; TUNISON, J.T. (Eds). Alien plant invasions in native ecosystems of Hawaii: management and research. Honolulu: University of Hawaii, Cooperative National Park Resources Study Unit, p. 887, 1992.

STRELOKE, M., Aquatisc he Mesokosmos versucheim Zulassungs verfahrenfür Pflanzenschutzmittel. - UWSF - Z. **Umweltchem. Ökotox.** v. 10, p. 312–314, 1998.

TAVARES, L.H.S. Limnologia aplicada a aquicultura. Jaboticabal: Unesp. Centro de Aquiculutura, 1995. 71p., il. (Boletim Técnico, n.1)6

WERSAL, R. M.; MADSEN, J. D. Combination of penoxulam and diquat as foliar applications for control of waterhyacinth and common salvinia: Evidence of herbicide antagonism. **J. Aquat. Plant Manage.**, v. 48, n. 1, p. 21-25, 2010.