

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS E PROTOX SOB
CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO NO COMPORTAMENTO
BIOQUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS**

HERMESON DOS SANTOS VITORINO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu, para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Agricultura.

Botucatu – SP
Fevereiro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS E PROTOX SOB
CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO NO COMPORTAMENTO
BIOQUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS**

HERMESON DOS SANTOS VITORINO
(Eng. Agrônomo)

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu, para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Agricultura.

Botucatu – SP
Fevereiro – 2011

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

V845e Vitorino, Hermes dos Santos, 1984-
Eficiência de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX sob
condições de déficit hídrico no comportamento bioquímico
de plantas daninhas / Hermes dos Santos Vitorino. -
Botucatu : [s.n.], 2011
v, 78 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,
2011

Orientador: Dagoberto Martins
Inclui bibliografia

1. Aminoácidos. 2. Carboidratos. 3. Controle químico.
4. Déficit hídrico. 5. Cromatografia. I. Martins,
Dagoberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de
Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

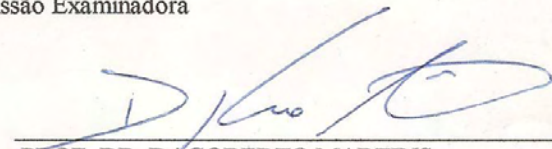
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

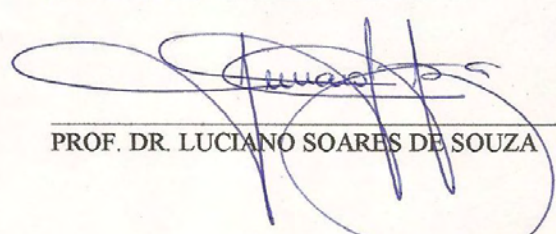
**TÍTULO : EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS INIBIDORES DA ALS E PROTOX SOB
CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO NO COMPORTAMENTO BIOQUÍ-
MICO DE PLANTAS DANINHAS.**

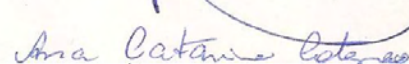
ALUNO: HERMESON DOS SANTOS VITORINO

ORIENTADOR: PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

PROF. DR. LUCIANO SOARES DE SOUZA

PROFª DRª ANA CATARINA CATANEO

Data da Realização: 24 de fevereiro de 2011.

O Senhor é meu pastor e nada me faltará

“O Senhor é meu pastor e nada me faltará. Restaura minhas forças, guia-me pelo caminho certo, por amor do seu nome. Se eu tiver de andar por vale escuro, não temerei mal nenhum, pois comigo estás. O teu bastão e teu cajado me dão segurança.”

Sl 23, 1, 3-4.

OFEREÇO

A Deus

Aos meus Pais, José Vitorino Filho e Luzia Maria dos Santos, que me conduziram desde sempre à procura de uma vida melhor

Obrigado pela paciência, incentivo incondicional, estímulo, carinho, constante dedicação, apoio sem restrições e por estar sempre ao meu lado, sem os quais nada disso aconteceria.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

*A Deus pelo dom da vida, o discernimento e a sabedoria por Ele concedido gratuitamente;
A minha família José Vitorino Filho, Luzia Maria dos Santos, Adalberto de Souza Vitorino,
Carlos Alberto Vitorino, Jefferson Vitorino, Samia Vitorino, Samile Vitorino, José Neto da
Silva Vitorino, Erick Vitorino, Edite Vitorino, Laércio Vitorino e Humberto Vitorino, pelo
apoio, compreensão, amizade e por estarem comigo em todos os momentos;*

*Em especial a Sandra Regina de Sousa Cardoso pela companhia, amizade, carinho e amor
durante a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento;*

*A Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP,
juntamente com a coordenação do curso de Agricultura, pela oportunidade de realização
do curso;*

*Ao Prof. Dr. Dagoberto Martins pela orientação, atenção, pelos comentários construtivos
que me fizeram crescer, sugestões e ensinamentos valiosos, além de toda a ajuda precisei e
que precisarei;*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de
bolsa de estudo;*

*A todos os funcionários do Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal, ao Célio,
Valdemir, Camargo, Cassimiro, Matheus, Aparecido, Lana, Vera, Dorival e Valéria pela
atenção;*

*Aos funcionários da sessão de pós-graduação e da biblioteca da FCA, pelo excelente
atendimento e profissionalismo;*

*Aos amigos do NuPam: Saulo Ítalo, Guilherme Sasso, Caio Ferraz, Caio Doiche, Renata
Marques, Maria Renata, Leonildo Cardoso, Murilo Bagatta, Frederico Soldera, Diogo
Santana, Marcos Vinicius, pelo companheirismo e contribuição valiosa neste trabalho;*

*Aos amigos e companheiros: Saulo Ítalo, Renan Cantalice, Ricardo Araújo, Rômulo
Pimentel, Renata Marques, Rafael Pereira, Simério Cruz, Caio Ferraz, Guilherme Sasso,
Leonildo Cardoso, Honaedy Reis, Dorival Boer e Seu Edson; a todos esses meus amigos
pela amizade, alegria da companhia e conversas que foram essenciais; e*

*A todos que participaram deste trabalho de forma direta ou indireta contribuindo para o
seu desenvolvimento.*

SUMÁRIO

1	RESUMO.....	
2	SUMMARY.....	03
3	INTRODUÇÃO.....	04
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	06
	4.1 Estresse Hídrico.....	06
	4.1.1 Ajustamento osmótico em resposta ao déficit hídrico do solo.....	09
	4.2 Plantas daninhas.....	12
	4.2.1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	13
	4.2.2 <i>Bidens pilosa</i>	14
	4.2.3 <i>Ipomoea grandifolia</i>	15
	4.3 Mecanismo de ação de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX.....	16
	4.4 Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas.....	18
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
	5.1 Local do experimento e material vegetal.....	20
	5.2 Delineamento experimental e análise estatística.....	21
	5.3 Instalação do experimento e semeadura.....	22
	5.4 Herbicidas e doses utilizadas.....	23
	5.5 Avaliações.....	23
	5.5.1 Controle visual e massa seca das plantas daninhas.....	23
	5.5.2 Determinação de solutos orgânicos.....	24
	5.5.2.1 Carboidratos solúveis.....	24
	5.5.2.2 N- α -aminossolúveis e proteínas solúveis.....	25
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
	6.1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	27
	6.1.1 Controle químico.....	27
	6.1.2 Massa Seca.....	32
	6.1.3 Carboidratos solúveis.....	34
	6.1.4 Proteínas solúveis.....	36
	6.1.5 N- α -aminossolúvel.....	38

	6.2 <i>Bidens pilosa</i>	40
	6.2.1 Controle químico.....	40
	6.2.2 Massa Seca.....	45
	6.2.3 Carboidratos solúveis.....	47
	6.2.4 Proteínas solúveis.....	49
	6.2.5 N- α -aminossolúvel.....	53
	6.3 <i>Ipomoea grandifolia</i>	55
	6.3.1 Controle químico.....	55
	6.3.2 Massa Seca.....	59
	6.3.3 Carboidratos solúveis.....	61
	6.3.4 Proteínas solúveis.....	63
	6.3.5 N- α -aminossolúvel.....	64
7	CONCLUSÕES.....	68
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi o de avaliar em condições de casa de vegetação a eficiência de herbicidas inibidores das enzimas acetolactato sintase (ALS) e protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) em pós-emergência em plantas de *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Ipomoea grandifolia* quando submetidos a déficit hídrico, bem como a ação destes sobre algumas características bioquímicas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro herbicidas utilizados (fomesafen, lactofen, chlorimuron-ethyl e imazethapyr) e dois níveis de déficit hídrico: com déficit (-0,5 MPa) e sem déficit (-0,01 MPa). Quando as plantas daninhas atingiram o estágio de um par de folhas definitivas a manutenção da umidade do solo nos dois níveis de cada tratamento. Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas foi avaliado o controle (por escala visual) e aos 28 DAA a massa seca da parte aérea. As plantas utilizadas para a determinação dos solutos orgânicos (carboidratos solúveis, proteínas totais e aminoácidos livres) foram coletadas às 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação (HAA). Todos os herbicidas controlaram as plantas daninhas de *I. grandifolia*, enquanto que apenas os inibidores da PROTOX foram eficientes no controle de *E. heterophylla*, contudo para as

plantas de *B. pilosa* o fomesafen foi o único herbicida que proporcionou um controle satisfatório. O déficit hídrico reduziu o controle de todos herbicidas estudados. Tanto o déficit hídrico como a aplicação de herbicidas aumentaram o conteúdo de carboidratos solúveis em todas as plantas estudadas. O teor de proteínas encontrado nas plantas daninhas estudadas foi reduzido pelo déficit hídrico e a aplicação dos herbicidas, enquanto que para as concentrações de aminoácidos livres os herbicidas proporcionaram um incremento nessa concentração, porém com relação ao déficit hídrico ocorreu redução de aminoácidos, exceto para as plantas de *B. pilosa*.

Palavras-chaves: déficit hídrico, carboidratos, proteínas, aminoácidos, controle químico.

2 SUMMARY

EFFICIENCY OF ALS AND PROTOX INHIBITORS UNDER CONDITIONS OF WATER DEFICIT ON THE BIOCHEMICAL BEHAVIOR OF WEEDS. Botucatu, 2011. 79p. (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

The objective of this work was to evaluate conditions in the greenhouse the efficiency of herbicides inhibitors of acetolactate synthase (ALS) and protoporphyrinogen oxidase (PROTOX) post-emergence in plant of *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea grandifolia* and *Bidens pilosa* when subjected to water deficit, as well as to determine the effect of these on some biochemical characteristics. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 4x2, with four herbicides (fomesafen lactofen, chlorimuron-ethyl and imazethapyr), and two levels of water deficit: with deficit (-0,5 MPa) and no deficit (-0,01MPa). When weeds reached the stage of a pair of true leaves to maintain soil moisture at the two leaves of each treatment. At 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), was evaluated the control (a visual scale), and 28 DAA, the dry weight of shoots. The plants used for the determination of organics solutes (soluble carbohydrates, protein and free amino acids) were collected at 24, 48, 72 and 96 hours after application (HAA). All herbicides controlled the weeds of *I. grandifolia* whereas only PROTOX inhibitors were effective in control of *E. heterophylla*, however, to plants of *B. pilosa* fomesafen was the single that provided satisfactory control. Water deficit reduced the control of all the herbicides. Both the water deficit and herbicide application increased the soluble carbohydrate content in all species studied. The protein found in the weeds studied were reduced by water deficit and herbicide application, whereas for concentrations of free amino acids the herbicides have provided an increase in this concentration, but with respect to water deficit caused reduction of amino acids, except for plants *B. pilosa*.

Key-words: water deficit, carbohydrates, protein, amino acids, chemical control.

3 INTRODUÇÃO

Existem muitos componentes do meio que afetam negativamente a produção agrícola, sendo as plantas daninhas um dos fatores mais importantes, relacionados às interferências diretas, como competição com as culturas por nutrientes, luz, água e espaço, além do efeito alelopático causado por algumas delas. Quando as plantas daninhas atuam como hospedeiras de pragas, doenças e nematóides, estas assumem um importante papel nas interferências indiretas às plantas cultivadas, bem como nas práticas culturais de colheita e em canais de irrigação.

Condições ambientais pouco favoráveis, como umidade excessiva, temperatura pouco propícia, fertilidade desfavorável, elevada salinidade, estresse hídrico, acidez e alcalinidade podem interferir na germinação, crescimento, desenvolvimento e reprodução de plantas daninhas. Contudo, estas plantas apresentam alto grau de adaptação em ambientes desfavoráveis, podendo sobreviver e perpetuar a espécie. Assim, quando as condições edafoclimáticas forem desfavoráveis para a espécie cultivada, a agressividade das plantas daninhas poderá prejudicar a produção.

Todos esses fatores ambientais podem acarretar em mudanças nas estruturas e composição das plantas, o que posteriormente pode mudar a absorção e translocação de herbicidas. Estas alterações tendem a induzir em aumento na pilosidade, número de estômatos e células buliformes, que estão envolvidas no mecanismo de enrolamento e desenrolamento de folhas e a síntese de cutícula, com um conseqüente aumento do caráter lipofílico da superfície foliar (ROMAN et al., 2005).

A ocorrência do déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR & SINCLAIR, 1996). Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Quando as plantas estão sob estresse imposto pelo ambiente podem ocorrer mudanças morfológicas como cutículas desidratadas que podem reduzir a absorção de herbicidas, resultando, assim, em uma menor fitotoxicidade à cultura e uma menor eficiência do herbicida no controle da planta daninha (PEREGOY et al., 1990).

Roman et al. (2005), observaram que plantas de *E. heterophylla* quando submetidas a aplicação de carfentrazone-ethyl e estavam sob déficit hídrico apresentavam um menor controle, enquanto aquelas aplicadas em condições adequadas de umidade do solo houve um maior controle. De acordo com Pereira (2010), em um estudo com plantas de *Brachiaria decumbens* no qual se aplicaram herbicidas inibidores da Acetilcoenzima A carboxilase (ACCase), observou-se que houve um menor controle destas quando mantidas sob estresse hídrico e este foi no máximo 80,0%, proporcionado pelo herbicida haloxyfop-methyl. Assim, torna-se importante saber como o déficit hídrico pode influenciar a ação de herbicidas no controle de plantas daninhas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX aplicados em pós-emergência em plantas de *Euphorbia heterophylla* L., *Bidens pilosa* L. e *Ipomoea grandifolia* Drammer quando submetidas a déficit hídrico, bem como a ação destes sobre algumas características bioquímicas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Estresse hídrico

As plantas freqüentemente são submetidas a condições externas adversas que afetam de maneira desfavorável seu crescimento e desenvolvimento. Tais estresses podem ser bióticos e abióticos podendo ocorrer de forma isolada ou concomitantemente. Dentre os estresses abióticos destacam-se: salinidade, déficit hídrico (estresse hídrico), deficiência ou excesso de nutrientes minerais e altas ou baixas temperaturas (BRAY, 1997; CAMBRAIA, 2005).

O déficit hídrico provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (CAMBRAIA, 2005). Segundo Levitt (1980) no entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância quantificar-se a capacidade de armazenamento de água no solo e analisar a influência dos mecanismos de adaptação das plantas à redução da disponibilidade de água. Pois a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com a textura e as características físicas do

solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos (KIEHL, 1979).

O déficit hídrico na planta ocorre, na maioria das vezes, quando a taxa de transpiração é superior à absorção de água, sendo comum durante o ciclo de diversas culturas. Assim, um conhecimento adequado de como os vegetais respondem a tal estresse abiótico é um dos pré-requisitos para escolher as melhores práticas de manejo, visando, sobretudo, otimizar a exploração dos recursos naturais (BRAY, 1997; SMIT & SINGELS, 2006).

Segundo Kelling (1995) o efeito do déficit hídrico sobre a produção das culturas está vinculado ao período de ocorrência durante o desenvolvimento das plantas. Chaves (1991) observou que a extensão dos efeitos do déficit hídrico nas espécies vegetais depende da sua intensidade e da duração, capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente. Grant (1992) afirma que o desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO₂, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar.

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (2004) consiste no decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas.

A água, além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência. Dale (1988) trabalhando com beterraba açucareira relatou que uma pequena redução no potencial de água no solo afeta a divisão celular, porém não a expansão celular.

Experimentos de Páez et al. (1995) demonstraram que a expansão da célula foi o processo da planta mais sensível ao déficit hídrico. Outros efeitos do déficit hídrico incluem a redução no desenvolvimento das células, expansão das folhas, transpiração e redução na translocação de assimilados (HSIAO, 1973).

O desenvolvimento das folhas quando submetidas ao déficit hídrico pode mudar durante o dia, ou nas diferentes estações do ano, porém o entendimento dos mecanismos utilizados pela planta é de um modo geral, ainda limitado (SHULTZ & MATTEWS, 1993).

O déficit hídrico em plantas inicia-se a partir de uma complexa via de respostas, começando com a percepção do estresse, o qual desencadeia uma seqüência de eventos moleculares, finalizando com várias respostas fisiológicas, metabólicas e de desenvolvimento. Uma mudança no potencial osmótico, através da membrana plasmática, pode ser a principal causa de respostas ao estresse hídrico em nível molecular (BRAY, 1993).

As plantas podem apresentar tolerância ou resistência (quando sobrevive às adversidades) ou suscetibilidade (quando sofre redução em seu crescimento, podendo chegar à morte, dependendo da intensidade do estresse ao qual a planta é submetida) (CAMBRAIA, 2005).

A resistência ao estresse hídrico manifesta-se geralmente de quatro formas: a) limitação do crescimento, para minimizar a perda de água; b) adaptações morfológicas; c) adaptações fisiológicas e d) alterações metabólicas. As três primeiras são processos complexos, conhecidos incompletamente, porém progressos foram obtidos no entendimento das alterações metabólicas (ARTLIP & WISNIEWSKI, 2001).

A capacidade da planta em responder e sobreviver ao estresse hídrico celular depende dos mecanismos internos que integram as respostas celulares. Tais repostas podem ocorrer em alguns segundos (como mudanças no status de fosforilação das proteínas) ou em poucos minutos ou horas (como mudanças na expressão gênica) (BRAY, 1997).

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), fisiologicamente, as plantas submetidas ao déficit hídrico podem apresentar respostas diferenciadas de acordo com a espécie, sendo a taxa fotossintética uma das variáveis que apresentam maior sensibilidade à seca, contudo, as plantas podem continuar realizando fotossíntese por tempo superior àquele destinado ao crescimento em expansão, pois os estômatos respondem mais lentamente no início do estresse hídrico que o turgor celular, responsável pelo alongamento de células que dirigem à expansão foliar.

Larcher (2004) relata que um organismo vegetal atravessa uma sucessão de fases características em resposta a estresses: a *fase de alarme*, no qual ocorre a perda de estabilidade das estruturas e funções que mantêm as funções vitais (processos bioquímicos), em que a planta pode reagir e se restituir do estresse imposto; a *fase de resistência*, a qual é aumentada sob estresse contínuo, iniciando um processo de rusticidade, no qual, dependendo da duração, a planta pode apresentar adaptação através de ajustamento

osmótico e; a *fase de exaustão*, que ocorre quando o estresse é muito demorado ou sua intensidade aumenta, deixando a planta suscetível às infecções que ocorrem como consequência da diminuição das defesas do hospedeiro e levando ao colapso prematuro.

Taiz e Zeiger (2004) relatam que uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico do solo é a síntese de ácido abscísico (ABA) no sistema radicular, o qual é translocado para a parte aérea induzindo ao fechamento estomático, limitando, por conseguinte, a assimilação de CO₂. Os pesquisadores afirmam ainda que o ABA exerce enorme efeito positivo no crescimento da raiz por suprimir a produção de etileno e um leve efeito negativo no crescimento da parte aérea, resultando em aumento marcante na razão raiz/parte aérea em baixos potenciais hídricos, o qual, juntamente com o efeito do ABA no fechamento estomático, auxilia a planta a “enfrentar” o estresse hídrico. Além disso, em resposta a condições adversas, muitas plantas acumulam metabólitos compatíveis no citoplasma de suas células, na tentativa de combater o estresse hídrico (MUNNS, 2002).

4.1.1 Ajustamento osmótico em resposta ao déficit hídrico do solo

Um dos mecanismos de adaptação à seca que a planta desenvolve, a nível celular, é a produção e/ou acúmulo de solutos osmoticamente ativos, processo conhecido como ajustamento osmótico ou osmorregulação (TAYLOR, 1996). Tais solutos podem ser acumulados em níveis altos, sob baixos potenciais hídricos sem, no entanto, ocorrer transtorno na função protéica (PIMENTEL, 1999; INMAN-BAMBER & SMITH, 2005), protegendo, sobretudo, as células contra a desidratação, pois são hidrofílicos, ou seja, possuem alta afinidade por água (BOHNERT & SHEN, 1999).

As enzimas envolvidas na síntese desses solutos compatíveis permitem um ajuste osmótico ou acumulação líquida de solutos, resultando em decréscimo do potencial osmótico, o qual pode manter o fluxo de água em favor do gradiente de potencial hídrico, protegendo ainda a turgescência celular (BRAY, 1997).

Por outro lado, Pimentel (1999) afirma que a osmorregulação, por si só, não promove o crescimento, pois a turgescência gerada não é o único fator de controle do crescimento. Portanto, possivelmente a planta ajusta o seu potencial hídrico de acordo com a diminuição no potencial hídrico do solo, de modo que o gradiente no sistema solo-planta seja

mantido. Desta forma, Prisco (1980) afirma que se o potencial hídrico do solo decresce abruptamente, levando a desidratação, isto é, o teor de água das células diminui e como resultado tem-se um abaixamento do potencial osmótico celular.

Ademais, se a diminuição do potencial hídrico do solo for devido à presença de solutos permeáveis ao sistema radicular, tais como, NaCl e Na₂SO₄, depois de algum tempo os íons se deslocarão para dentro das células da raiz e serão responsáveis pela osmorregulação da planta (PRISCO, 1980).

Larcher (2004) relata que, sob influência de estresses ambientais, a síntese de proteínas é inibida e a degradação é acelerada, o que leva a um acúmulo de aminoácidos e aminas livres, apresentando como característica marcante de um distúrbio no metabolismo das proteínas, uma mudança nas proporções de aminoácidos e, freqüentemente, um aumento elevado na concentração de prolina livre, sendo este, talvez, o aminoácido mais amplamente distribuído como osmólito compatível, cuja síntese, transporte, acumulação e degradação podem ser atribuídas como respostas adaptativas das plantas ao estresse hídrico (TAYLOR, 1996).

A síntese e acúmulo de outros solutos compatíveis também são regulados durante o estresse hídrico. O transporte de proteínas, assim como os canais transportadores de íons, também desempenha importante papel para evitar o déficit hídrico através da osmorregulação. As aquaporinas, proteínas de membranas que transportam água, podem estar envolvidas no controle do status hídrico celular em resposta ao déficit hídrico (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Apesar dos relevantes estudos acerca deste assunto, Bohnert e Shen (1999) relatam que o termo soluto compatível leva, simplesmente, a um significado fisiológico que não explica todas as suas funções, fazendo com que os mecanismos bioquímicos pelos quais os solutos compatíveis protegem as plantas ainda sejam desconhecidos, porém os estudos com plantas transgênicas existentes são de grande valia, pois nestas plantas o acúmulo de metabólitos também apresenta incrementos significativos

Como a eficiência da fotossíntese é fator determinante na produtividade agrícola, um entendimento melhor dos fatores que afetam este processo durante o déficit hídrico pode ajudar no entendimento dos mecanismos de resistência utilizados pela planta em situações de déficit hídrico (LOPES et al. 1988).

A redução na atividade fotossintética pela redução na assimilação do CO_2 e a senescência das folhas são também indicadores do efeito do déficit hídrico de uma cultura (FAVER et al., 1996). Begg e Turner (1976) demonstraram que os efeitos causados pelo déficit hídrico nos tecidos mais jovens da planta são maiores que nos tecidos adultos, porém, quando se interrompe o déficit o desenvolvimento é recuperado somente nas folhas mais jovens.

O déficit hídrico afeta muitos processos fisiológicos e bioquímicos em plantas (HANSON & HITZ, 1982), resultando em alteração em algumas vias metabólicas. Entre os maiores efeitos estão os envolvidos no metabolismo dos carboidratos, com a acumulação de açúcares e um número de outros solutos orgânicos. Mudanças em carboidratos são de particular importância sobre a quantidade de seu envolvimento direto com processos fisiológicos, tais como a fotossíntese, translocação e respiração (HANSON & HITZ, 1982).

De acordo com Lopes et al. (1988) o déficit hídrico reduz o índice de troca de CO_2 e a sua condução para a folha, além de reduzir a concentração desse elemento nos espaços intercelulares. Após a interrupção do déficit hídrico, esses parâmetros tendem a voltar ao normal, porém não em sua plenitude, pois a velocidade de recuperação é reduzida. Segundo Mota (1983) a recuperação completa da fotossíntese é lenta quando a planta chega próximo ao ponto de murcha permanente, variando com a espécie vegetal, tipo de solo e o método de aplicação da água de irrigação.

A fotossíntese desempenha importante papel na produção de uma cultura (WULLSCHLEGER & OOSTERHUIS, 1990), pois o rendimento de grãos é potencialmente influenciado pela duração da taxa de acumulação de carboidratos (CRAFTS-BRANDNER & PONELEIT, 1992). De acordo com Jordan (1983) o déficit hídrico pode afetar a utilização de carboidratos, por alterar, basicamente, a eficiência com que os foto assimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas na planta. O déficit hídrico ocasiona mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, condicionando as plantas a desenvolverem mecanismos de adaptação e resistência.

O déficit hídrico é uma situação comum a muitas plantas, apresentando um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento destas (LECOEUR & SINCLAIR, 1996). Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO_2 para a produção de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Quando a ocorrência do déficit hídrico é rápida, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados e a planta necessita adaptar-se à nova situação, de forma rápida. Desta forma, plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menor resistência a situações de déficit hídrico no solo; já em plantas submetidas ao déficit hídrico gradual ou a deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente ocorre à adaptação das plantas. A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência, para a manutenção do processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas (BRAY, 1997).

O estudo de Levitt (1980) demonstrou que, durante um déficit hídrico, os diversos ajustamentos fisiológicos da planta determinam as respostas adaptativas de ordem anatômica e morfológica, porém essas respostas sofrem variações de acordo com a espécie, a cultivar, o estágio de desenvolvimento das plantas, duração e intensidade do déficit hídrico. De acordo com o mesmo autor, as plantas têm capacidade de resistir a períodos de déficit hídrico, procurando utilizar mecanismos que reduzam a perda de água.

4.2 Plantas daninhas

O fator plantas daninhas constitui um dos principais componentes bióticos do agroecossistema das grandes culturas que interferem no seu desenvolvimento e produtividade. Uma vez não manejadas adequadamente, essas plantas podem interferir no processo produtivo, competindo pelos recursos do meio, principalmente água, luz e nutrientes, liberando substâncias alelopáticas prejudiciais, atuando como hospedeira de pragas e doenças comuns à cultura e interferindo nas práticas de colheita (PITELLI, 1985). Todavia, a competição entre plantas se estabelece sob condições específicas, quando o ambiente e o solo somente são capazes de suprir quantidades limitadas dos fatores essenciais ao crescimento normal de uma população de plantas (HEWSON & ROBERTS, 1973).

Os efeitos negativos das plantas daninhas sobre o rendimento da cultura usualmente decrescem com o decorrer do intervalo de tempo entre emergência da cultura e das plantas daninhas. As plantas que emergem mais tarde do que a cultura provavelmente tem menor impacto sobre o rendimento, pois grande parte da interferência ocorre após a determinação dos componentes do rendimento (VANDEVENDER et al., 1997).

Esses fatores contribuem para diminuição ou até inviabilização da produção agrícola, acarretando aumentos significativos nos custos com o seu controle, principalmente com a aplicação de herbicidas.

4.2.1 *Euphorbia heterophylla*

A espécie *E. heterophylla*, conhecida como leiteiro ou amendoim-bravo, é uma planta daninha alógama, de morfologia variável e uma das mais temidas espécies infestantes, cujo centro de origem está compreendido em regiões tropicais e subtropicais do continente americano, estando amplamente distribuída num cinturão ao norte e ao sul da linha do Equador, avançando para as regiões subtropicais (KISSMANN & GROTH, 1999).

Essa espécie está disseminada no centro-sul do Brasil, constatando-se sua presença em 74% das áreas de soja do planalto do Estado do Rio Grande do Sul (VIDAL & WINKLER, 2002). Essas plantas têm uma grande capacidade de multiplicação e as plantas tendem a sombrear as plantas de culturas anuais de desenvolvimento mais lento e, por isso, competem intensamente na absorção de nutrientes do solo (KISSMANN & GROTH, 1999), sendo de difícil controle e resistente a uma quantidade grande de herbicidas utilizados no controle de folhas largas (WILSON, 1981).

As plântulas de *E. heterophylla* desenvolvem-se rapidamente (WILSON, 1981) aumentando sete vezes, aproximadamente, a sua massa seca num intervalo entre 10 e 20 dias após a semeadura (ASCENIO, 1997). É considerada uma planta invasora de grande importância, que pode causar consideráveis perdas na produtividade, como tem sido verificado nas culturas de amendoim e soja (BRIDGES et al., 1992; WILLARD & GRIFFIN, 1993).

O controle desta planta daninha dá-se principalmente pela ação de herbicidas inibidores das enzimas acetolactato sintase (ALS) e protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) (VIDAL & MEROTTO JÚNIOR, 2001).

Nas culturas do amendoim (BRIDGES et al., 1992) e de soja (WILLARD & GRIFFIN, 1993) as perdas podem ser da ordem de 50%. Na cultura da soja a interferência da *E. heterophylla* sobre a colheita e na qualidade da soja colhida, também foi observada, pois acarreta um aumento no teor de umidade do grão colhido bem como a

quantidade de material contaminante (WILLARD & GRIFFIN, 1993). Cada dez plantas de *E. heterophylla*/m² reduz em cerca de sete por cento o rendimento de grãos quando o período de convivência com a cultura ocorre durante todo o seu ciclo (WINKLER et al., 2003).

Ferreira et al. (2003) relataram como possíveis principais barreiras foliares à penetração de agroquímicos o alto teor de cera epicuticular, elevada densidade de laticíferos e grande espessura da cutícula da face adaxial.

Grande parte dos trabalhos sobre *E. heterophylla* visaram o controle de sua ocorrência, WILSON (1981) revisou o uso de inúmeros herbicidas em diferentes tipos de culturas. Segundo Winkler et al. (2003), a espécie é resistente a muitos herbicidas utilizados no combate às plantas de folha larga. O constante uso de herbicidas ou de um herbicida com o mesmo mecanismo de ação exerce alta pressão de seleção, o que elimina indivíduos tolerantes e a manifestação de biótipos resistentes que, provavelmente, já existiam na população, mas em baixa frequência (MATIELLO et al., 1999).

4.2.2 *Bidens pilosa*

Bidens pilosa L. comumente denominada de picão-preto é responsável por decréscimo no rendimento de várias culturas (KLINGMAN & ASHTON, 1975). A espécie é originária da América tropical, com maior ocorrência na América do Sul. Encontra-se disseminada em quase todo o território brasileiro e sua maior concentração é verificada nas áreas agrícolas do centro-sul, onde é considerada uma das piores plantas daninhas a infestar culturas anuais, sendo essa apontada como causa de perdas em produtividade em mais de 40 países (KISSMANN e GROTH, 1999). De acordo com Lorenzi (2008) *B. pilosa* é uma planta anual, herbácea, ereta com odor característico, de 40 120 cm de altura e é uma das mais importantes infestantes encontradas em lavouras anuais e perenes.

Uma planta daninha importante para a agricultura no sistema de várias culturas, essa planta em áreas naturais pode formar stands densos, eliminando a vegetação nativa, impedindo que essa vegetação nativa se estabeleça (WEBER, 2003). Ainda segundo o mesmo autor, ela aparece em áreas de queimada e sua produção de sementes é abundante, sendo que uma única planta pode produzir 3000 a 6000 sementes por ano, sementes essas que são dispersas e aderem facilmente em roupas e pêlo de animais.

Muitas sementes germinam prontamente na maturidade o que permite à espécie 3 a 4 gerações por ano sob condições favoráveis, sendo essa germinação melhor em luz e se uma aeração do solo é presente, essas sementes podem permanecer viáveis por vários anos (WEBER, 2003).

4.2.3 *Ipomoea grandifolia*

As plantas da espécie *Ipomoea grandifolia* Dammer, pertencente à família Convolvulaceae, conhecida popularmente como corda-de-viola, são apreciadas como ornamentais por apresentarem flores intensamente coloridas pelo fato de crescerem sobre obstáculos, sendo usadas também para cobrir caramanchões. Entretanto, essa espécie tornou-se importante infestante em diferentes culturas, dificultando principalmente a colheita (KISSMANN & GROTH, 1999; LORENZI, 2008).

Kissmann e Groth (1999) descrevem a *I. grandifolia* como uma espécie de ciclo anual e herbácea. Essa espécie tem propagação via sementes, com germinação no final do inverno, sendo seu ciclo até a maturação de 150 – 180 dias, podendo ser reduzido para 120 dias se a germinação ocorrer no verão. As folhas são simples, alternas e com limbo de formato irregular, com 4 – 8 cm de comprimento e 2 – 4 cm de largura. A coloração é verde, com uma pigmentação purpúrea – arroxeada. Os frutos têm o formato de cápsulas septífragas subglobosas, com apículo de 1,5 – 2,0 mm, 5 – 6 mm de altura e 5 – 7 mm de diâmetro, e coloração castanho – clara na maturação, que ocorre geralmente com 4 sementes.

Durante a década de 1980, o controle de corda-de-viola e outras espécies de plantas daninhas concentraram-se basicamente no uso de herbicidas pré-emergentes. Porém, durante a última década, herbicidas pós-emergentes foram disponibilizados para o controle geral de plantas daninhas, especialmente em culturas anuais.

A competição entre essas espécies e as culturas anuais inicia-se quando o sistema radicular de uma planta invade a área da outra, em períodos anteriores ao início da competição por luz. Em climas secos, as raízes definem o sucesso ou o fracasso na competição entre as espécies (RADOSEVICH et al., 1997).

4.3 Mecanismo de ação de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX

Quando se quer um controle eficiente de plantas daninhas há uma necessidade de se adquirir informações como a família química e entender como eles funcionam nas plantas para utilizá-los corretamente, porém saber como os herbicidas funcionam ajuda a definir como usar os produtos, a diagnosticar problemas em seu desenvolvimento e sua relação com os sintomas de injúrias causados (MARCHI et al., 2008).

O mecanismo de ação dos herbicidas é relacionado ao primeiro passo bioquímico ou biofísico no interior celular a ser inibido pela atividade herbicida. Esse processo inicial pode ser suficiente para controlar as espécies sensíveis. Os herbicidas geralmente inibem a atividade de uma enzima ou proteína na célula e, como consequência, desencadeiam uma série de eventos que alteram o desenvolvimento da célula e do organismo (VIDAL, 1997).

Uma quantidade surpreendente de famílias de herbicidas atua direta ou indiretamente em reações fotoquímicas. Esses herbicidas inibem o fluxo de elétrons no fotossistema II, a enzima glutamina sintetase na via de assimilação de nitrogênio, a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) durante a biossíntese da clorofila, bem como inibem diretamente a biossíntese de pigmentos pela inibição de uma enzima de dessaturação ou indiretamente a biossíntese de pigmentos pela inibição de uma quinona envolvida em dessaturação, e, capturam elétrons do fotossistema I (HESS, 2000). Outras famílias de herbicidas atuam na inibição de aminoácidos aromáticos, aminoácidos de cadeia ramificada, síntese de lipídeos: degradam a membrana celular e regulam o crescimento das plantas (HESS, 2000).

Os inibidores da ALS têm sido intensivamente utilizados em função da alta eficiência em doses muito baixas, baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para várias das culturas de grande importância econômica. A combinação do uso generalizado e da facilidade com que plantas daninhas desenvolvem resistência a esse grupo resultou, até o presente, na seleção de 53 espécies resistentes aos inibidores da ALS, num total de 14 países. Novos casos de resistência têm surgido nesse grupo em maior número do que em qualquer outro nos últimos 10 anos (HEAP, 2000).

Os herbicidas inibidores da ALS causam inibição da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada, através da inibição da enzima acetolactato sintase, interrompendo a síntese protéica, que por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular. Em plantas susceptíveis, ocorre a paralisação do crescimento e desenvolvimento de clorose internerval e ou arroxamento foliar dentro de 7 a 10 dias após a aplicação do herbicida. Folhas em emergência podem aparecer manchadas e mal formadas. Pode também haver inibição do crescimento de raízes laterais quando resíduos do produto estão presentes no solo. Normalmente, nas folhas largas, o meristema apical necrosa e morre antes que as demais partes mais velhas da planta (OLIVEIRA JR., 2001).

Os inibidores da PROTOX é um grupo composto por herbicidas cujo mecanismo de ação inibe a atuação da enzima protoporfirinogênio oxidase. São também denominados inibidores da síntese do tetrapirrole ou inibidores da síntese de protoporfirina IX (OLIVEIRA JR., 2001).

O mecanismo de ação dos produtos deste grupo parece estar relacionado com a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), que atua na oxidação de protoporfirinogênio à protoporfirina IX (precursores da clorofila). Com a inibição da enzima, ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, que se difunde para fora do centro reativo, onde acontece uma oxidação não-enzimática da mesma. Cogita-se que a protoporfirina IX produzida pela via não enzimática não sofreria a atuação da Mg-quelataase para transformar-se em Mg-protoporfirina IX, e, ou, que teria uma conformação estrutural diferente daquela produzida pela via normal. Neste caso, ocorreria a interação entre oxigênio e luz para levar o O_2 ao estado singlet, o qual seria responsável, em última instância, pela peroxidação de lipídeos observada nas membranas celulares. Lipídeos e proteínas são atacados e oxidados, resultando em perda da clorofila e carotenóides e rompimento das membranas, o que faz com que as células das organelas sequem e se desintegrem rapidamente (OLIVEIRA JR., 2001).

Quando aplicados em pré-emergência, esses herbicidas causam a morte das plantas quando estas entram em contato com a camada de solo tratada. Os tecidos sensíveis sofrem rapidamente necrose e morte, causados pelas peroxidação de lipídeos. Plantas susceptíveis tornam-se cloróticas e necrosam em um a três dias. As folhas mais novas de culturas tolerantes

como a soja também podem evidenciar clorose e necrose, especialmente em doses mais altas. Doses sub-letais podem produzir sintomas de bronzeamento das folhas mais novas, ao passo que a deriva de pequenas gotas causa o aparecimento de pequenas manchas brancas nas folhas (AHRENS, 1994).

4.4 Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas

A eficácia de um herbicida depende de diversos fatores, dentre os quais as características físico-químicas e a dose aplicada, planta daninha a ser controlada, estágio de desenvolvimento e biologia da planta daninha, técnicas de aplicação, umidade do solo e fatores ambientais no momento da aplicação dos herbicidas, como temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, umidade do solo, radiação solar e ventos (VICTORIA FILHO, 1985; PROCÓPIO et al., 2003).

A umidade relativa e a temperatura têm sido relatadas por influenciarem a absorção e a translocação de herbicidas aplicados em pós-emergência. O herbicida chlorsulfurom foi mais tóxico para *Setaria viridis* e *Kochia scoparia* quando estas cresciam em 95 a 100% de umidade relativa, comparada quando em 45 a 50% (NALEWAJA & WOZNICA, 1985). Plantas de *S. viridis* que cresceram a uma temperatura durante o dia/noite de 22/17 °C sobreviveram ao herbicida glufosinate na dose de 100 g ha⁻¹ a 40% de umidade relativa, mas foram controladas em umidade de 95% (ANDERSON et al., 1993). Sharma & Singh (2001) verificaram que a absorção e a translocação de ¹⁴C-glyphosate em *Desmodium tortuosum* foram maiores a 22 °C e 95% de umidade relativa do que a 16 °C e 45 °C ou 35 °C e 70% de umidade.

Outro fator que influencia a eficiência de herbicidas é o teor de umidade do solo. Resultados de campo e casa de vegetação indicam que herbicidas aplicados sobre a folhagem durante períodos de seca não são tão efetivos quanto aqueles aplicados quando a umidade do solo está adequada (BOYDSTON, 1990; PEREGOY et al., 1990). Segundo Basler et al. (1961) e Levene & Owen (1995), a baixa eficiência dos herbicidas aplicados durante períodos de déficit hídrico deve-se, principalmente, à redução na absorção desses compostos. Reynolds et al. 1988 observaram uma redução na absorção, porcentagem de

recuperação e translocação de ^{14}C -sethoxydim em grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) com plantas sob déficit hídrico.

Pereira (2010) observou que para os herbicidas sethoxydim, haloxyfop-methyl e fluazifop-p-butyl, a menor porcentagem de controle ocorreu em plantas mantidas em solo com restrição hídrica. Podemos atribuir este fato a possíveis estratégias de escape a seca pela planta, como espessamento de cutícula, menor área foliar, como já relatado por Taiz & Zeiger (2004), dificultando a absorção e ou translocação dos herbicidas.

Levene & Owen (1995) demonstraram que plantas de *Xanthium strumarium* e *Abutilon theophrasti* crescidas em condições de estresse hídrico, elas produzem mais cera epicuticular do que em condições não estressantes. Essa maior produção de cera é relatada como a principal barreira à penetração de herbicidas. Frequentemente, a absorção de herbicidas é reduzida em folhas de plantas em estresse hídrico, pois as folhas perdem a turgescência e enrolam-se, reduzindo a área superficial de interceptação e/ou retenção dos herbicidas (KIDDER & BEHRENS, 1988, 1991).

Moosavi-nia & Dore (1979) verificaram que em solos com baixo teor de umidade a eficiência de glyphosate no controle de *Imperata cylindrica* e *Cyperus rotundus*. foi reduzida. Também Dickson et al. (1990) relataram que plantas de *Avena sativa* L. não-irrigadas por até 14 dias após pulverização de $0,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de fluazifop-p-butyl ou $0,18 \text{ kg ha}^{-1}$ de glyphosate demonstraram maior tolerância aos herbicidas do que plantas irrigadas normalmente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do experimento e material vegetal

O estudo foi realizado em casa de vegetação mantida a 26°C alocada no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia – NUPAM, do Departamento de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu/UNESP-FCA. O local da área apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°07'56'' S, longitude 74°66'84'' W Gr. e altitude de 762 m.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada arável de um Latossolo vermelho-escuro distrófico (EMBRAPA, 1999), textura franco arenosa (CARVALHO et al., 1983) da Fazenda Experimental Lajeado, área da Patrulha, FCA/UNESP - Botucatu.

Os resultados da análise química inicial do solo podem ser observados na Tabela 1, seguindo a metodologia de Raij et al. (2001), realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, FCA-UNESP.

Tabela 1. Análise físico-química do solo Latossolo Vermelho-escuro Distrófico utilizado no experimento. Botucatu/SP, 2010.

Análise granulométrica (%)									
Argila			Silte		Areia		Classificação textural		
35%			15%		50%		Textura média		
Análise química									
pH	M.O.	P _{resina}	H+Al ⁺³	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----				-----		
4,1	22	2	56	0,2	2	1	3	60	6

Foram utilizadas neste estudo três espécies eudicotiledôneas pertencentes às famílias: Euforbiácea (*E. heterophylla*), Asterácea (*B. pilosa*) e Convolvulácea (*I. grandifolia*). Foram semeadas 10 sementes por vaso, porém no início da emergência foi realizado desbaste, deixando apenas duas plantas por vaso.

As espécies foram semeadas separadamente em vasos plásticos de 2,0 L contendo terra. Foi realizado adubação para a correção, com a fórmula NPK - 8-28-16, baseado na análise química do solo. Os vasos foram irrigados após a semeadura para garantir o processo de germinação e posterior desenvolvimento das plantas daninhas.

5.2 Delineamento experimental e análise estatística

Os tratamentos para cada espécie foram dispostos em um delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial 4x2, sendo 4 herbicidas e 2 níveis de estresse e 4 repetições. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as suas médias comparadas entre si pelo teste de Tukey com $p > 0,05$, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.0.

5.3 Instalação do experimento e semeadura

Foi determinada a umidade gravimétrica do solo, realizado com a pesagem do vaso após o encharcamento do mesmo. O solo coletado para amostragem foi pesado e após isso encharcado, onde houve uma espera de 24 h para pesá-lo novamente e encontrar a quantidade de água da capacidade de campo. Após esse procedimento o solo foi levado a uma estufa de ventilação forçada a 105°C. Para o cálculo da capacidade de campo foi utilizado a seguinte fórmula:

$$CC = [100 * (P_u - P_s) / P_s] * [d_s]$$

Onde: CC é a capacidade de campo (%);

P_u é o peso da amostra de solo úmido (g);

P_s é o peso da amostra de solo seca (g);

d_s é a densidade do solo (g cm^{-3})

Após o cálculo da capacidade de campo foi utilizado à curva de retenção do solo para determinar a condição hídrica a ser utilizada no experimento (Tabela 2).

As condições hídricas utilizadas no experimento foram: a) Solo sem déficit hídrico: capacidade de campo, no qual a umidade do solo encontra-se a 14% (-0,01 MPa); e b) solo com déficit hídrico, no qual a umidade do solo encontrava-se a 9% (-0,5 MPa).

Tabela 2. Relações entre teores e potenciais de água do solo utilizado nos estudos. Botucatu, SP, 2010.

	Água Retida ($\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$)							
	Tensão (MPa)							
	Saturado	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,1	-0,5	-1,5
Umidade Base Massa Seca (%)	39	14	13	11	10	10	9	8

Um tratamento controle foi incluído como comparação para cada umidade de solo e em cada método de aplicação dos herbicidas. O experimento foi conduzido no período de 08 de março a 21 de maio de 2010.

5.4 Herbicidas e doses utilizadas

Os herbicidas utilizados foram fomesafen ($250,0 \text{ g ha}^{-1}$ + Agral 0,1% v/v), lactofen ($240,0 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl ($250,0 \text{ g ha}^{-1}$ + Assist 0,5% v/v) e imazethapyr ($100,0 \text{ g ha}^{-1}$), além de uma testemunha sem aplicação de herbicida para cada condição hídrica. Os herbicidas foram utilizados na dose comercial para a avaliação dos controles químicos das plantas daninhas estudadas nas duas condições hídricas (com e sem déficit hídrico). A aplicação dos herbicidas foi realizada em 23 de abril de 2010, sendo que no momento da aplicação, as plantas daninhas apresentavam-se com 4 a 6 pares de folhas definitivas. Os tratamentos químicos foram aplicados utilizando-se um pulverizador costal, pressurizado a CO_2 , equipado com um reservatório de 2,0 L. O equipamento foi regulado para proporcionar um consumo de calda de $200,0 \text{ L ha}^{-1}$. A barra de aplicação estava constituída de duas pontas do tipo jato plano “Teejet” XR 11002 VS, distanciados 50 cm entre si.

5.5 Avaliações

5.5.1 Controle visual e massa seca das plantas daninhas

A coleta de uma planta para análise de massa seca de parte aérea foi realizada aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Após o procedimento da coleta, o material coletado foi levado à estufa com sistema de circulação de ar quente forçado, à temperatura de 65°C , até atingir peso constante, que ocorreu após 72 h. Depois da secagem foi obtida a massa seca das plantas daninhas com o auxílio de balança analítica de precisão.

As avaliações visuais de controle foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 DAA, através de uma escala de percentual de notas, na qual 0 (zero) correspondeu a

nenhuma injúria demonstrada pelas plantas e 100 (cem) a morte das plantas, segundo a Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBPCPD (1995).

5.5.2 Determinação de solutos orgânicos

As coletas para as análises bioquímicas foram realizadas às 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação (HAA) dos herbicidas, uma planta por repetição, apenas para a análise de aminoácidos não foi realizada a coleta às 24 HAA. Para essas análises apenas foi retirado à parte foliar de uma planta daninha, parte essa que entrou em contato com o herbicida. Estas folhas foram utilizadas para as análises de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e N- α -aminossolúvel, sendo essas coletas realizadas nas primeiras horas da manhã.

Para determinação dos solutos orgânicos (carboidratos solúveis, N- α -aminossolúveis e proteínas solúveis por ligação ao corante) foram utilizadas luvas cirúrgicas e tesoura devidamente esterilizada. As folhas foram cortadas sem o pecíolo e colocadas em papel alumínio, devidamente identificados, para em seguida serem congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em congelador a -80 °C. Posteriormente o material vegetal foi liofilizado, para em seguida proceder-se as análises bioquímicas, conforme descritas abaixo.

5.5.2.1 Carboidratos solúveis

Os carboidratos solúveis foram determinados a partir de amostras de 20 mg do tecido foliar liofilizado homogeneizados, com 2,0 mL de tampão Na-K-fosfato 0,01 mol L⁻¹, pH 7,6, contendo NaCl 0,1 mol L⁻¹, e mantidas durante uma hora à temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$, com agitações periódicas (a cada 15 minutos) e posterior centrifugação a 3.000 x *g* por 15 min, à temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi coletado para microtubos de 2,0 mL e levado novamente para à centrifugação (6.000 x *g* por 10 minutos, na temperatura de 4 °C), sendo os precipitados descartados e os sobrenadantes usados para as determinações de carboidratos solúveis pelo método descrito por Dubois et al. (1956).

Em tubos de ensaios contendo 0,5 mL do extrato foram adicionados 0,5 mL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A solução foi vigorosamente agitada seguida de repouso por 20 min para o resfriamento. As leituras de absorbância foram realizadas a 490 nm, no qual para o branco o extrato foi substituído por 0,5 de tampão de

extração. Utilizou-se como padrão D(+) glicose anidra e os resultados foram expressos em mg g⁻¹ massa seca. Cada repetição (amostra) foi representada por um extrato dosado em duplicata.

5.5.2.2 N- α -aminossolúveis e proteínas solúveis

A determinação dos teores de N- α -aminossolúveis e proteínas solúveis foi realizada utilizando amostras de 20 mg do tecido foliar liofilizado foram homogeneizadas, em banho de gelo, com 2,0 mL de tampão Na-K-fosfato 0,01 mol L⁻¹, pH 7,6, contendo NaCl 0,1 mol L⁻¹, e mantidas durante uma hora à temperatura de 4 °C, com agitações periódicas (a cada 15 minutos). Decorrido este período, os homogenatos foram centrifugados a 3.000 x *g* por 5 min, à temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi coletado para microtubos de 2,0 mL e levado novamente para centrifugação (6.000 x *g* por 10 minutos, na temperatura de 4 °C), sendo os precipitados descartados e os sobrenadantes usados para as determinações dos solutos orgânicos citados abaixo.

A determinação do N- α -aminossolúvel utilizou-se uma fração de 0,5 mL do sobrenadante de cada amostra, separadamente, e adicionou-se uma alíquota de 0,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 10% e, após 1 h de repouso, as amostras foram centrifugadas a 12.000 x *g* por 5 min, à temperatura de 4 °C, sendo o precipitado descartado e o sobrenadante (extrato) usado para determinação de N- α -aminossolúvel. Em tubos de ensaio com tampa rosqueada, foram adicionados 0,1 mL do extrato; 0,4 mL do tampão de extração; 0,25 mL de tampão citrato de sódio 0,2 mol L⁻¹ pH 5; 0,1 mL de ninhidrina 5%, em metilcelosolve 100%; e 0,5 mL de KCN 0,2 mmol L⁻¹ em metilcelosolve 100%. Em seguida, os tubos foram deixados em banho-maria a 100 °C por 20 min.

Após resfriamento dos tubos em banho de gelo foram adicionados aos mesmos 3,65 mL de etanol 60% para fixar a cor desenvolvida (violeta). Os teores de N- α -aminossolúveis foram estimados pelas leituras de absorbância a 570 nm, e como branco utilizou-se a mistura contendo 0,25 mL do tampão de extração (Na-K-fosfato 0,01 mol L⁻¹, pH 7,6, contendo NaCl 0,1 mol L⁻¹) e 0,25 mL de TCA 10%, 0,25 mL de tampão citrato, 0,5 mL de KCN 0,2 mmol L⁻¹ e 0,1 mL do reagente de ninhidrina (COCKING & YEMM, 1954). Como padrão foi utilizado um pool de aminoácidos e os resultados foram expressos em μ mol g⁻¹ massa seca. Cada repetição (amostra) foi representada por um extrato simples dosado em duplicata.

Para determinação dos teores de proteínas solúveis foi usada uma fração de 50 μL do sobrenadante descrito anteriormente, não tratado com TCA 10%, como ocorre na determinação de aminoácidos, na qual se adicionou 950 μL do reagente Coomassie Brilliant Blue (BRADFORD, 1976). Este reagente foi preparado dissolvendo-se 100 mg de coomassie brilliant blue G-250 em 50 mL de álcool etílico 95%, seguindo-se da adição de 100 mL de ácido fosfórico 85%. A solução teve seu volume final completado para 1000 mL com água destilada.

As proteínas solúveis foram, então, estimadas pelas medidas de absorbância a 595 nm, utilizando-se como branco a mistura de 50 μL do tampão de extração (Na-K fosfato 0,01 mol L^{-1} , pH 7,6, contendo NaCl 0,1 mol L^{-1}) e 950 μL do reagente do Coomassie Brilliant Blue. Como padrão foi utilizado a albumina sérica bovina (BSA) e os resultados foram expressos em mg g^{-1} massa seca. Cada repetição (amostra) foi representada por um extrato simples dosado em duplicata.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 *Euphorbia heterophylla*

6.1.1 Controle químico

Os herbicidas que apresentaram melhor eficiência no controle de *E. heterophylla* foram fomesafen e lactofen, ambos inibidores da PROTOX (Tabela 3). Aos 7 e 14 DAA estes dois herbicidas proporcionaram um controle superior aos observados para chlorimuron-ethyl e imazethapyr, que são inibidores da ALS, porém ainda insatisfatórios. Trezzi et al. (2009) observaram que fomesafen aplicado em pós-emergência em plantas de *E. heterophylla* na dose de 200 g ha⁻¹ (valor próximo a recomendada utilizada neste estudo), exerceu cerca de 80% de controle aos 14 DAA.

Aos 28 DAA, o imazethapyr controlou 65,59% das plantas, semelhante aos resultados encontrados para lactofen e fomesafen, este último proporcionou um controle de 79,46%, corroborando com os resultados encontrados por Ruas et al. (2005),

no qual observou que o herbicida fomesafen aplicado em plantas de *E. heterophylla* na dose de 240 g ha⁻¹, aos 21 DAA, proporcionou um controle bom entre 70,0 a 80,0%. No final das observações (28 DAA), semelhante ao ocorrido no início as avaliações perante os herbicidas fomesafen e lactofen apresentaram controle considerado satisfatório e superior aos observados com a aplicação de chlorimuron-ethyl e imazethapyr.

Embora os herbicidas inibidores de PROTOX tenham apresentado melhores resultados, estes ainda ficaram abaixo de 80,0% sendo, portanto considerados insatisfatórios (SBCPD, 1995).

Tabela 3. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	(%) de Controle			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	61,66 a	70,83 ab	74,62 a	79,46 a
lactofen	240,0	61,12 a	75,20 a	70,32 a	74,59 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	19,66 b	39,17 c	47,96 b	60,00 b
imazethapyr	100,0	24,79 b	54,50 bc	65,59 a	60,84 b
F HERBICIDA	-	39,99**	15,45**	21,77**	12,06**
F UMIDADE	-	5,02*	12,86**	70,64**	47,96**
F H x U	-	7,12**	3,38*	2,59 ^{ns}	1,81 ^{ns}
C.V. (%)	-	24,3	19,7	11,0	11,1
d.m.s	-	14,0	16,3	9,8	10,5

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

DAA - Dias após a aplicação.

Em relação aos tratamentos com e sem déficit hídrico, verificou-se que o controle de *E. heterophylla* foi influenciado significativamente pela condição hídrica imposta, como registrado na Tabela 4, no qual foi apresentada a média dentro de cada nível de

estresse. Nota-se que na condição de déficit hídrico a ação dos herbicidas sobre as plantas de *E. heterophylla* foi reduzida, independente da época avaliada.

Tabela 4. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas, sob duas condições hídricas, obtidas nos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	(% de Controle)			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
SE	45,83 a	67,44 a	75,17 a	78,35 a
CE	37,79 b	52,42 b	54,08 b	59,09 b
d.m.s.	7,4	8,6	5,2	5,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação

Na Tabela 5 estão apresentados do desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicidas e condição hídrica. Aos 7 DAA, os herbicidas inibidores da PROTOX obtiveram neste período os maiores controles, ocorrendo o inverso para os inibidores da ALS. O fomesafen foi o herbicida que teve sua eficiência reduzida com a condição hídrica imposta.

Com a aplicação de lactofen aos 14 DAA, o controle foi superior a 80,0%, sem déficit hídrico, mostrando um controle satisfatório, porém não houve um decréscimo significativo quando submetidas ao déficit hídrico.

Os dados de fomesafen foram semelhantes aos de lactofen, mantendo o controle no tratamento sem déficit hídrico. Aos 14 DAA, para o déficit hídrico o controle decresce. A influência de fatores do ambiente na atividade de herbicidas relaciona-se, também, às mudanças morfológicas impostas às plantas, por isso, plantas em estresse hídrico podem apresentar cutículas desidratadas que podem reduzir a absorção de fomesafen, resultando,

assim, em menor eficiência do produto ao controle das plantas daninhas (PEREGOY et al., 1990).

O menor controle dessas plantas daninhas foi verificado para os herbicidas imazethapyr e chlorimuron-ethyl, que proporcionaram aos 14 DAA uma redução do controle sem restrição hídrica. Quando foi imposto o déficit hídrico ocorreu um menor controle para o herbicida chlorimuron-ethyl, sendo esse significativo comparado com o controle sem déficit hídrico. Isto sugere um decréscimo na absorção e/ou translocação deste herbicida nas plantas de *E. heterophylla*, contribuindo para um menor controle. Com relação ao herbicida imazethapyr não foi observado diferença quando com e sem déficit hídrico corroborando com os dados encontrados para Zhang et al. (2001), no qual o imazethapyr aplicado em pós-emergência em plantas de *Oriza sativa* L., aos 14 DAA, não diferiu entre os controles com e sem restrição hídrica.

Roman et al. (2005) trabalhando com plantas de *Euphorbia heterophylla* L. observaram um decréscimo no controle, aos 21 DAA, quando o herbicida carfentrazone-ethyl (inibidor da PROTOX) foi aplicado no tratamento não irrigado. De acordo com Botha & Botha (1979), plantas sob estresse hídrico apresentam menores taxas de crescimento e podem produzir menores quantidades de clorofila, dessa forma, reduzem a produção de protoporfirina IX no citoplasma, reduzindo, assim, a produção de singletos de oxigênio e, assim, a destruição de membranas celulares.

Tabela 5. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Euphorbia heterophylla* em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)							
		7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
		Condição hídrica							
		SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	77,32 aA	46,00 aB	76,25 abA	65,42 aA	82,25 a	67,00 ab	87,67 a	68,75 a
lactofen	240,0	54,75 bA	67,50 aA	80,83 aA	79,58 aA	83,57 a	57,08 b	86,25 ab	62,93 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	27,00 cA	12,32 bA	57,68 bA	20,68 bB	62,68 b	33,25 c	72,00 bc	48,00 b
imazethapyr	100,0	24,25 cA	25,32 bA	55,00 bA	54,00 aA	59,00 b	72,18 a	65,00 c	56,67 ab
d.m.s. COLUNA	-	19,8		23,1		13,8		14,8	
d.m.s. LINHA	-	14,8		17,3		-		-	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação.

Contudo, aos 21 e 28 DAA, não houve interação significativa entre os herbicidas e a umidade do solo. No entanto, houve um decréscimo no controle das plantas daninhas como descrito anteriormente, redução causada quando esses foram mantidos sob déficit hídrico (Tabela 4), sendo destes herbicidas o chlorimuron-ethyl o mais afetado. Os herbicidas inibidores da PROTOX controlaram de forma eficiente as plantas de *E. heterophylla* na condição sem estresse hídrico.

6.1.2 Massa Seca

Todos os herbicidas testados reduziram significativamente a massa seca de parte aérea das plantas de *E. heterophylla*, sendo que essa redução foi maior para o herbicida fomesafen seguido do imazethapyr. Ressalta-se que visualmente, o herbicida imazethapyr proporcionou um controle insatisfatório da planta daninha.

Tabela 6. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicidas	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Massa seca de parte aérea (%)
testemunha	-	80,17 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	6,72 d
lactofen	240,0	30,33 bc
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	45,58 b
imazethapyr	100,0	16,00 cd
F HERBICIDA	-	5,42*
F UMIDADE	-	45,32**
F H x U	-	4,30**
C.V. (%)	-	32,6
d.m.s.	-	18,3

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).

O herbicida que proporcionou o menor acúmulo de massa seca foi o chlorimuron-ethyl, com apenas 54,93% com relação à testemunha.

Na Tabela 7, nota-se que a condição hídrica influenciou o acúmulo de massa seca pelas plantas de *E. heterophylla*, sendo observado uma redução de 22,15% sob condição de déficit hídrico.

Tabela 7. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas sob duas condições hídricas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Massa Seca de Parte Aérea (%)
SE	41,37 a
CE	32,21 b
d.m.s.	8,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

A dose comercial de fomesafen proporcionou um decréscimo de 95,05% sob as plantas de *E. heterophylla*, sendo este valor encontrado sem a condição de déficit hídrico. A redução encontrada para esse mesmo herbicida sob déficit hídrico foi de 86,66%, o que sugere um menor controle desta planta daninha quando há no solo uma menor quantidade de água na planta (Tabela 8).

Apenas a testemunha apresentou decréscimo em sua massa seca com relação à condição hídrica imposta, sendo que para os herbicidas testados não houve redução. O comportamento da massa seca das plantas de *E. heterophylla* perante os herbicidas lactofen e imazethapyr foi semelhante, sendo o decréscimo para o herbicida imazethapyr sob déficit hídrico maior, porém não diferiram significativamente.

Ressalta-se que o chlorimuron-ethyl não foi afetado com déficit hídrico, o que não ocorreu com o herbicida imazethapyr que diminuiu a massa seca das plantas de *E. heterophylla*. Zhang et al. (2001) observaram que com apenas 13% da umidade do solo o herbicida imazethapyr proporcionou um acúmulo de massa seca de

apenas 18%, o que para as umidades de 50%, 25% e 19% não houve diferença para esse acúmulo, que foi superior nestas umidades.

Tabela 8. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Euphorbia heterophylla*, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicidas	Massa Seca de Parte Aérea (%)	
	Condição hídrica	
	SE	CE
testemunha	100,00 aA	60,36 aB
fomesafen	4,95 cA	8,05 cA
lactofen	27,25 bcA	33,41 bcA
chlorimuron-ethyl	45,07 bA	46,10 abA
imazethapyr	16,98 cA	13,41 cA
d.m.s. COLUNA	26,3	
d.m.s. LINHA	17,4	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

6.1.3 Carboidratos solúveis

Os valores dos três solutos orgânicos analisados foram influenciados pela condição hídrica, sugerindo um aumento da quantidade de solutos nas células para o ajuste osmótico, devido ao déficit hídrico. De acordo com Morgan (1984), um dos mecanismos de adaptação à seca é o acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos na célula, em relação às plantas bem hidratadas, fenômeno esse chamado de ajuste osmótico, o que permite a manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese, sob baixos valores de potencial hídrico.

Os carboidratos solúveis encontrados nas plantas de *E. heterophylla* podem ser observados na Tabela 9. O conteúdo de carboidratos solúveis não foi influenciado pelos herbicidas testados durante os períodos de avaliação de 24, 48 e 72

horas após a aplicação (HAA), porém às 96 HAA dos herbicidas a influência desses sobre os carboidratos foi significativa, sendo que o herbicida fomesafen proporcionou um aumento no teor desse soluto, diferindo significativamente apenas do lactofen.

A aplicação dos herbicidas e a condição hídrica imposta no experimento não tiveram interação. Os herbicidas proporcionaram resultados independentes no conteúdo de carboidratos solúveis, porém na condição de déficit hídrico foi observado um decréscimo nesse conteúdo em todos os períodos avaliados (Tabela 10).

Tabela 9. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	1,268 a	2,406 a	1,857 a	1,696 ab
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	0,836 a	2,622 a	2,064 a	2,115 a
lactofen	240,0	1,007 a	2,290 a	1,993 a	1,573 b
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	1,145 a	2,234 a	2,003 a	1,873 ab
imazethapyr	100,0	1,269 a	2,245 a	2,146 a	1,681 ab
F HERBICIDA	-	2,81 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,68 ^{ns}	2,98*
F UMIDADE	-	12,39**	4,75*	9,95**	6,51*
F H x U	-	0,52 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,38 ^{ns}
C.V. (%)	-	28,2	22,3	11,5	19,5
d.m.s.	-	0,452	0,763	0,336	0,504

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

A condição de déficit hídrico alterou significativamente os valores de carboidratos solúveis nas plantas de *E. heterophylla* (Tabela 10). Segundo Bray (1997), isto se deve ao fato de que com a diminuição do nível de água do solo, a planta responde osmoticamente com o aumento dos conteúdos desses carboidratos, no sentido de se adaptar ou se ajustar ao ambiente com falta de água.

Às 24 HAA dos herbicidas o conteúdo de carboidratos solúveis aumentou para aqueles tratamentos com déficit hídrico. Segundo Pimentel (1999), o aumento no conteúdo de carboidratos solúveis pode ocorrer no início do estresse hídrico por dois motivos: em decorrência da paralisação do crescimento com certa manutenção da fotossíntese e com a intensidade do déficit hídrico, em função da hidrólise do amido.

Após 24, 48, 72 e 96 HAA houve ainda um aumento nos conteúdos de carboidratos solúveis, sendo que a partir de 48 HAA os dados de carboidratos são maiores até as 96 HAA.

De modo geral, observou-se que o comportamento das plantas daninhas em função dos tratamentos de estresse hídrico aplicados, foi diferenciado quanto ao acúmulo de carboidratos solúveis nos tecidos foliares, porém a tendência foi sempre de aumento.

Tabela 10. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* sob duas condições hídricas, e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição Hídrica	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ de massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	0,932 b	2,178 b	1,897 b	1,647 b
CE	1,279 a	2,541 a	2,128 a	1,928 a
d.m.s.	0,201	0,339	0,149	0,225

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05).

SE – sem déficit hídrico

CE – com déficit hídrico

HAA – Horas após a aplicação

6.1.4 Proteínas solúveis

O teor de proteína solúvel não foi influenciado pelos diferentes herbicidas testados às 24, 48 e 96 HAA. Os herbicidas proporcionaram um decréscimo na concentração de proteínas solúveis dentro das 72 HAA, mostrando o efeito de inibição na síntese de proteínas. Tal resultado corrobora com o trabalho de Nemat Alla et al. (2008)

que observaram um decréscimo no teor de proteínas solúveis após a aplicação dos herbicidas butachlor, chlorimuron-ethyl e metribuzin.

Os teores mais baixos de proteínas solúveis foram observados nas plantas de *E. heterophylla* submetidas a aplicação dos herbicidas imazethapyr e lactofen, o que sugere um efeito negativo desses herbicidas, na avaliação de 72 HAA. As testemunhas mantiveram os valores de proteínas solúveis acima dos tratamentos herbicidas, porém não houve diferença significativa entre esses e os tratamentos que foram aplicados os herbicidas, exceção a avaliação de 72 HAA.

A inibição induzida por chlorimuron-ethyl e imazethapyr foi esclarecida, demonstrando que inibidores da ALS podem resultar em um decréscimo no teor de proteínas com uma conseqüente redução na formação de valina, leucina e isoleucina (SHANER & REIDER, 1986; SCARPONI et al., 1995; MARTINETTI et al., 1995).

Tabela 11. Valores médios de proteínas solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Proteínas Solúveis			
		(mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	6,452 a	4,178 a	6,010 a	5,731 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	5,814 a	4,377 a	4,456 ab	5,215 a
lactofen	240,0	6,588 a	5,668 a	3,911 b	5,747 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	6,084 a	4,001 a	4,557 ab	6,344 a
imazethapyr	100,0	6,337 a	5,645 a	3,478 b	4,879 a
F HERBICIDA	-	0,36 ^{ns}	3,47 ^{ns}	5,77**	1,22 ^{ns}
F UMIDADE	-	4,38*	0,79 ^{ns}	9,96**	10,57**
F H x U	-	0,64 ^{ns}	1,73 ^{ns}	2,26 ^{ns}	2,58 ^{ns}
C.V. (%)	-	23,1	26,0	25,2	25,7
d.m.s.	-	2,099	1,799	1,637	2,085

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

A condição de déficit hídrico imposta às plantas de *E. heterophylla* diminui significativamente os teores de proteínas solúveis em todos os períodos de avaliação, exceto às 48 HAA, sendo esse decréscimo de 23,4% (Tabela 12). Scarponi (1997), trabalhando com plantas de *Vicia faba* L. observou que após a aplicação de chlorimuron-ethyl e imazethapyr os teores de proteínas no tecido foliar destas plantas foram reduzidos.

Tabela 12. Valores médios de proteínas solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* em duas condições hídricas e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das principais variáveis. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	6,734 a	4,989 a	5,045 a	6,322 a
CE	5,776 b	4,599 a	3,919 b	4,844 b
d.m.s.	0,934	0,801	0,729	0,928

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

6.1.5 N- α -aminossolúvel

Os resultados de N- α -aminossolúvel de plantas de *E. heterophylla* demonstraram efeito da aplicação dos diferentes herbicidas testados. Às 48 HAA, quando se compara os herbicidas com a testemunha nota-se que a concentração de aminoácidos na planta daninha foi semelhante, porém entre os herbicidas, observa-se que o chlorimuron-ethyl foi o que proporcionou a menor concentração de aminoácidos livres e significativamente menor que os observados para o fomesafen (Tabela 13).

Na avaliação de 72 HAA, não se registrou nenhuma diferença na concentração de aminoácidos que fosse devido à ação de herbicidas. Já as 96 HAA, notam-se uma pequena elevação nas concentrações de aminoácidos quando da utilização apenas do lactofen. Os demais herbicidas mostraram-se semelhantes à testemunha.

Segundo Nemat Alla et al. (2008) o aumento de aminoácidos livres pode ser explicado pelo incremento no conteúdo de N-solúvel, então esse acréscimo em

aminoácidos livres pode ser devido a um aumento das proteólises nas células. Evidências para o aumento de proteólises em plantas têm sido um indicativo em resposta de estresse biótico e abiótico (ARANHA, et al., 2007).

Dentre os herbicidas estudados, o fomesafen foi o único que proporcionou redução na concentração de aminoácidos, às 96 HAA, enquanto os herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr e lactofen houve uma tendência de acréscimo deste soluto (Tabela 13). Os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr são inibidores da ALS, enzimas que catalisam o primeiro passo da síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada: leucina, isoleucina e valina (OLIVEIRA JR. et al. 2001).

Tabela 13. Valores médios de N- α -aminossolúvel em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	N- α -aminossolúvel (μ mol g ⁻¹ massa seca)		
		48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	166,125 ab	163,378 a	178,320 b
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	203,125 a	153,540 a	142,199 b
lactofen	240,0	163,375 ab	125,761 a	231,737 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	125,750 b	140,587 a	154,792 b
imazethapyr	100,0	159,250 ab	140,053 a	190,330 ab
F HERBICIDA	-	5,01**	0,95 ^{ns}	7,56**
F UMIDADE	-	14,25**	13,92**	0,19 ^{ns}
F H x U	-	1,06 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,30 ^{ns}
C.V. (%)	-	21,2	28,8	20,0
d.m.s.	-	50,369	60,367	51,956

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
HAA – Horas após a aplicação

O aumento dos aminoácidos foi o resultado da quebra das proteínas após a aplicação dos herbicidas, porém não houve redução na concentração de aminoácidos para os herbicidas inibidores da ALS. Esses aminoácidos são componentes

essenciais em proteínas e requeridos para a produção de novas células (MARCHI, et al., 2008). Segundo Nemat Alla et al. (2008) o aumento de aminoácidos deu-se basicamente com o decréscimo de proteínas, assim, isso se deve ao aumento dos aminoácidos aromáticos e alifáticos no tecido foliar, pela quebra dessas proteínas.

Os resultados observados na Tabela 14 mostram que houve uma redução na concentração de aminoácidos as 48 e 72 HAA para as plantas de *E. heterophylla*. Esse decréscimo na concentração de aminoácidos não foi verificado às 96 HAA.

Tabela 14. Valores médios de N- α -aminossolúvel em plantas de *Euphorbia heterophylla* em duas condições hídricas e diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	N- α -aminossolúvel ($\mu\text{mol g}^{-1}$ massa seca)		
	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	184,250 a	169,206 a	176,985 a
CE	142,800 b	120,121 b	181,963 a
d.m.s.	22,422	26,873	23,129

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

6.2 *Bidens pilosa*

6.2.1 Controle químico

Observa-se na Tabela 15 que de um modo geral as plantas de *B. pilosa* foram controladas satisfatoriamente pelos herbicidas fomesafen e chlorimuron-ethyl e que os herbicidas lactofen e imazethapyr foram ineficientes. Aos 7 dias após a aplicação (DAA) nota-se que o controle foi mais rápido com a utilização dos herbicidas fomesafen e lactofen (inibidores da PROTOX) do que os herbicidas imazethapyr e chlorimuron-ethyl (inibidores da ALS). Segundo Stidham e Singh (1991), sulfonilúreias e imidazolinonas,

atuam sobre a ALS, primeira enzima comum para o caminho biosintético de aminoácidos de cadeias de radicais livres: valina, leucina e isoleucina.

Tabela 15. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	(%) de Controle			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	67,25 a	70,63 a	77,75 a	73,38 a
lactofen	240,0	48,38 b	57,13 ab	61,25 ab	63,25 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	24,87 c	49,86 ab	64,75 ab	71,88 a
imazethapyr	100,0	19,13 c	44,13 b	52,37 b	57,13 a
F HERBICIDA	-	41,05**	4,14*	3,56*	2,53 ^{ns}
F UMIDADE	-	4,93*	11,56**	33,05**	40,56**
F H x U	-	8,45**	1,24 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,81 ^{ns}
C.V. (%)	-	24,6	28,7	24,6	20,4
d.m.s.	-	13,5	21,9	21,8	18,7

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

DAA – Dias após a aplicação

Aos 14 DAA o tratamento com menor controle foi o imazethapyr e que se manteve até aos 21 DAA. O tratamento que proporcionou o melhor controle das plantas de *B. pilosa* foi o fomesafen, seguido do chlorimuron-ethyl aos 28 DAA (Tabela 15). Galon et al. (2007), trabalhando com plantas de *Portulaca oleracea* observou que aos 14 DAA o herbicida chlorimuron-ethyl proporcionou um controle de 75%, diferindo do controle proporcionado neste estudo, no qual apenas alcançou este valor aos 28 DAA.

O déficit hídrico imposto as plantas de *B. pilosa* interferiram no controle químico destas conforme observado na Tabela 16. Todos os tratamentos foram influenciados pelo déficit hídrico resultando em diminuição do controle. Inicialmente, como o controle foi baixo, a redução foi pequena cerca de 17,6% aos 7 DAA, enquanto, aos 28 DAA a diminuição foi de 37,4% o que significa que o controle desta planta daninha não foi satisfatório em condições de déficit hídrico.

Tabela 16. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, sob duas condições hídricas, obtidas nos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Controle (%)			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
SE	43,75 a	65,00 a	80,06 a	81,69 a
CE	36,06 b	45,88 b	48,00 b	51,13 b
d.m.s.	7,2	11,6	11,5	9,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação

O controle químico foi influenciado severamente pela condição hídrica dos tratamentos e a aplicação dos herbicidas, porém apenas houve uma interação significativa entre os fatores aos 7 DAA. Aos 14, 21, 28 DAA não houve interação entre esses dois fatores o que sugere uma influência independente desses parâmetros (Tabela 17).

Entretanto, aos 7 DAA, o herbicida fomesafen foi o único que diferiu significativamente do tratamento com e sem déficit hídrico, mostrando que inicialmente a ação desse herbicida é afetada pela condição hídrica imposta.

Os tratamentos que obtiveram resultados mais satisfatórios foram o fomesafen e lactofen, herbicidas esses inibidores da PROTOX, contudo apenas o herbicida fomesafen alcançou o controle acima de 90%. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr, inibidores da ALS, obtiveram menor controle aos 28 DAA, portanto, sugere que plantas de *B. pilosa* foram menos susceptíveis aos herbicidas inibidores da ALS.

No entanto, o contrário ocorre quando comparamos esses mesmo resultados agora com o déficit hídrico, os herbicidas inibidores da PROTOX foram mais afetados pelo déficit hídrico, enquanto, os herbicidas inibidores da ALS foram menos afetados por essa condição hídrica, aos 28 DAA. Para o controle de *B. pilosa* os herbicidas fomesafen, chlorimuron-ethyl e imazethapyr foram eficientes no controle destas plantas sem déficit hídrico.

A susceptibilidade de plantas a herbicidas é muitas vezes alterada por estresses que alteram a capacidade das plantas daninhas na metabolização desses produtos, influenciando o controle destas. Plantas sob estresse hídrico apresentam menores taxas de crescimento e podem produzir menores quantidades de clorofila, dessa forma, reduzem a produção de protoporfirina IX no citoplasma, reduzindo, assim, a produção de singletos de oxigênio e, assim, a destruição de membranas celulares (BOTHÁ & BOTHÁ, 1979).

Portanto, essas plantas podem, também, ter elevados níveis de dismutase do superóxido, possibilitando a detoxificação dos singletos de oxigênio, reduzindo, assim, a atividade dos herbicidas cujo mecanismo de ação é a inibição da PROTOX (ZANG & KIRKHAM, 1994).

Tabela 17. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Bidens pilosa* em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)							
		7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
		Condição hídrica							
		SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	84,50 aA	50,00 aB	88,75 a	52,50 a	95,00 a	60,00 a	91,75 a	55,00 a
lactofen	240,0	41,25 bA	55,50 aA	60,25 ab	54,00 a	80,00 a	42,50 a	74,25 a	40,00 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	28,25 bcA	21,50 bA	57,75 ab	42,00 a	76,50 a	53,00 a	80,75 a	63,00 a
imazethapyr	100,0	21,00 cA	17,25 bA	53,25 b	35,00 a	61,25 a	36,50 a	80,00 a	66,50 a
d.m.s. COLUNA	-	19,6		31,1		30,8		26,5	
d.m.s. LINHA	-	14,3		-		-		-	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
DAA – Dias após a aplicação

6.2.2 Massa Seca

Todos os herbicidas utilizados reduziram significativamente o acúmulo de massa seca pelas plantas de *B. pilosa* (Tabela 18). Os valores encontrados para a quantidade de massa seca reduzida pelos herbicidas inibidores da ALS foram menores do que os dos herbicidas inibidores da PROTOX, o que sugere um menor controle as plantas daninhas por esses herbicidas inibidores de aminoácidos.

O herbicida fomesafen foi o que reduziu mais o acúmulo de massa seca das plantas de *B. pilosa*, porém foi semelhante do herbicida lactofen. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr proporcionaram uma redução semelhante no acúmulo de massa seca das plantas daninhas sendo inferior a testemunha.

Tabela 18. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Massa Seca de Parte Aérea (%)
testemunha	-	94,42 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	15,74 c
lactofen	240,0	23,40 c
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	42,53 b
imazethapyr	100,0	43,52 b
F HERBICIDA	-	7,87**
F UMIDADE	-	60,27**
F H x U	-	4,31**
C.V. (%)	-	25,4
d.m.s	-	16,2

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Os resultados de massa seca, quando se considera a condição hídrica imposta, mostraram que quando as plantas de *B. pilosa* foram submetidas ao déficit hídrico, o controle da mesma pelos herbicidas estudados foi dificultado, ocorrendo nesses tratamentos uma massa seca maior (Tabela 19).

Tabela 19. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas sob duas condições hídricas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Massa Seca de Parte Aérea (%)
SE	38,96 b
CE	48,88 a
d.m.s.	7,2

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

A diferença entre os tratamentos com e sem déficit hídrico foi aproximadamente 10% de massa seca, resultado esse que pode ser observado no controle das plantas daninhas submetidas ao déficit hídrico.

Houve interação entre os parâmetros principais, déficit hídrico e herbicida (Tabela 18) e os resultados da interação encontram-se na Tabela 20. Assim, verifica-se que a quantidade massa seca foi reduzida com a imposição do déficit hídrico, como pode ser observado na testemunha no qual reduziu a massa seca em 11,17%, porém não de forma significativa. O déficit hídrico não interferiu na quantidade de massa seca encontrada, quando da aplicação do fomesafen, porém o controle proporcionado por este herbicida sob déficit hídrico foi insatisfatório (Tabela 17).

Os herbicidas lactofen e chlorimuron-ethyl proporcionaram uma redução de massa seca, porém com déficit hídrico esses valores foram maiores, o que sugere que o controle químico também foi afetado negativamente pelo tratamento. O herbicida imazethapyr foi o que reduziu menos a massa seca sem déficit hídrico, quando essa condição foi imposta o controle e a redução de massa seca também se mantiveram, porém o valor não foi significativo.

Tabela 20. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Bidens pilosa*, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. há ⁻¹)	Massa Seca de Parte Aérea	
		(%)	
		Condição hídrica	
		SE	CE
testemunha	-	100,00 aA	88,83 aA
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	17,14 bcA	14,34 cA
lactofen	240,0	11,46 cB	35,36 bcA
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	29,49 bcB	55,57 bA
imazethapyr	100,0	36,73 bA	50,31 bA
d.m.s. COLUNA	-	22,9	
d.m.s. LINHA	-	16,1	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05). SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

6.2.3 Carboidratos solúveis

Em relação aos valores médios de carboidratos solúveis observa-se que não houve efeito significativo da interação herbicida e umidade sendo que os fatores atuam de forma independente (Tabela 21).

Registra-se, às 24 horas após a aplicação (HAA), com exceção do imazethapyr, que todos os demais herbicidas testados proporcionaram conteúdos de carboidratos solúveis semelhantes aos encontrados na testemunha. Às 48 HAA, os conteúdos de carboidratos solúveis encontrados na planta daninha devido à ação dos diferentes herbicidas foram semelhantes aos da testemunha. Já às 72 HAA, apenas a aplicação de fomesafen proporcionou valores menores que os da testemunha e ao final das avaliações, às 96 HAA também o chlorimuron-ethyl proporcionou um conteúdo de carboidratos solúveis também menores que os observados na testemunha.

Tabela 21. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	1,174 a	1,525 ab	1,509 ab	1,596 bc
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	1,131 a	1,235 b	1,274 c	1,253 c
lactofen	240,0	1,032 ab	1,425 ab	1,555 ab	1,963 ab
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	1,216 a	1,318 ab	1,360 bc	1,789 b
imazethapyr	100,0	0,784 b	1,553 a	1,705 a	2,250 a
F HERBICIDA	-	7,03**	3,27*	10,28**	17,63**
F UMIDADE	-	31,33**	16,87**	24,04**	10,57**
F H x U	-	1,54 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,375 ^{ns}
C.V. (%)	-	17,2	14,9	10,0	14,3
d.m.s.	-	0,267	0,306	0,216	0,368

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

A condição estresse hídrico imposta alterou o conteúdo de carboidratos solúveis nas plantas de *B. pilosa*, houve um aumento significativo em todos os períodos avaliados, sendo que os maiores conteúdos de carboidratos foram encontrados às 96 HAA. Segundo Bray (1997), isto se deve ao fato de que com a diminuição do nível de água do solo, a planta responde osmoticamente com o aumento dos conteúdos desses carboidratos, no sentido de se adaptar ou se ajustar ao ambiente com falta de água.

De acordo com Kramer (1995), a seca exerce importante influência no conteúdo de carboidratos em diversas espécies. Em virtude do efeito da seca o amido é degradado nos tecidos foliares que o acumulam; a redução na quantidade de amido é consequência da atividade da amilase, sendo acompanhada por um aumento da quantidade de carboidratos solúveis.

Tabela 22. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Bidens pilosa* sob duas condições hídricas, e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição Hídrica	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	0,904 b	1,274 b	1,365 b	1,640 b
CE	1,230 a	1,548 a	1,596 a	1,901 a
d.m.s.	0,119	0,136	0,096	0,164

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p> 0,05).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

6.2.4 Proteínas totais

Os resultados de proteínas solúveis encontrados nas plantas de *B. pilosa* podem ser observados na Tabela 23. A interação entre o fator umidade e herbicida foi observado, apenas para as 72 HAA. Os herbicidas reduziram o teor de proteínas em todos os períodos estudados. A testemunha obteve os valores mais altos e manteve-se alta para os outros períodos de avaliação.

Quando estes ocorreram para os herbicidas inibidores da ALS está inibição conduziu para um decréscimo nos níveis de proteínas e daí sugere-se uma depressão de proteínas. Seguindo o tratamento de inibidores da ALS, a redução da formação de proteínas tem sido observado por Scarponi et al. (1995) em *Glycine max* L. tratada com imazethapyr e Shaner e Reider (1986) e Martinetti et al. (1995) em *Zea mays* L. tratada com imazapyr e rimsulfuron, respectivamente, e Scarponi et al. (1997) em *Vicia faba* L. tratada com chlorimuron-ethyl e imazethapyr.

Às 24 HAA, o herbicida que proporcionou o maior teor de proteínas foi o fomesafen, sendo semelhante à testemunha e superior aos demais herbicidas, com exceção ao chlorimuron-ethyl. Às 48 HAA apenas o herbicida fomesafen diferiu da testemunha, enquanto a redução para os outros tratamentos não foi significativa.

Já, os teores de proteínas solúveis, às 72 HAA, voltaram a ser menores para os herbicidas fomesafen, lactofen e chlorimuron-ethyl, sendo o primeiro com

o menor valor. O único herbicida que se mostrou semelhante à testemunha, proporcionando um elevado teor de proteínas, foi o imazethapyr.

As plantas de *B. pilosa* coletadas para a quantificação de proteínas às 96 HAA mostraram que o herbicida fomesafen foi o único que proporcionou um aumento no teor de proteínas solúveis sendo semelhante à testemunha. Ressalta-se que os demais herbicidas proporcionaram teores inferiores ao da testemunha. Os herbicidas inibidores da ALS parecem proporcionar um distúrbio na formação das proteínas em correlação com um distúrbio no perfil de aminoácidos em resposta a esses inibidores (chlorimuron-ethyl e imazethapyr) diminuindo assim o teor dessas proteínas (SCARPONI et al., 1997).

Tabela 23. Valores médios de proteínas solúveis em plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	10,760 a	9,436 a	9,823 a	8,282 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	10,070 a	4,416 b	3,491 c	7,043 ab
lactofen	240,0	5,704 b	6,343 ab	5,994 b	5,499 b
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	7,730 ab	6,099 ab	4,148 c	5,370 b
imazethapyr	100,0	6,248 b	7,203 ab	8,396 a	5,492 b
F HERBICIDA	-	6,84**	4,05**	52,76**	5,89**
F UMIDADE	-	2,41 ^{ns}	2,67 ^{ns}	7,65**	4,37*
F H x U	-	0,03 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,60*	2,21 ^{ns}
C.V. (%)	-	30,0	38,5	16,6	23,7
d.m.s.	-	3,532	3,74	1,532	2,176

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).
HAA – Horas após a aplicação

Quando as plantas de *B. pilosa* foram submetidas ao déficit hídrico ocorreu uma redução nos teores de proteínas solúveis em todas as avaliações (Tabela 24), exceção da amostragem realizada às 48 HAA.

Para essa planta daninha houve um decréscimo em média, quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico, decréscimo esse de aproximadamente 1,112 mg g⁻¹ massa seca.

Tabela 24. Valores médios de proteínas solúveis em plantas de *Bidens pilosa* em duas condições hídricas e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das principais variáveis. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	8,699 a	7,365 a	6,832 a	6,833 a
CE	7,505 b	6,034 a	5,909 b	5,841 b
d.m.s.	1,572	1,664	0,682	0,969

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).
SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação.

Ao analisar-se a interação umidade e herbicida, nota-se que às 72 HAA apenas o imazethapyr apresentou uma redução dos teores de proteínas solúveis quando a planta daninha foi submetida ao estresse hídrico (Tabela 25). Contudo, os herbicidas que mais proporcionaram redução foram fomesafen, lactofen e chlorimuron-ethyl sem déficit hídrico, no qual o fomesafen proporcionou a maior redução.

Quando ocorreu a imposição de déficit o fomesafen manteve o valor apresentado para o tratamento sem déficit hídrico, sendo esse o menor teor de proteínas solúveis encontrado, seguido dos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen, respectivamente. Para esses herbicidas ocorreu uma pequena redução mesmo não havendo diferença significativa.

Tabela 25. Valores médios de proteínas solúveis de plantas de *Bidens pilosa* em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)							
		24 HAA		48 HAA		72 HAA		96 HAA	
		Condição Hídrica							
		SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE
testemunha	-	11,410 a	10,113 a	10,091 a	8,782 a	11,438 aA	8,209 aB	10,139 a	6,424 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	10,740 ab	9,400 ab	4,471 b	4,362 a	3,335 dA	3,647 dA	7,549 ab	6,536 a
lactofen	240,0	6,303 b	5,105 b	6,471 ab	6,214 a	6,043 cA	5,944 bcA	5,536 b	5,463 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	8,463 ab	6,998 ab	7,697 ab	4,503 a	4,300 cdA	3,995 cdA	5,417 b	5,324 a
imazethapyr	100,0	6,583 ab	5,913 ab	8,098 ab	6,308 a	9,045 bA	7,748 abA	5,524 b	5,461 a
d.m.s. COLUNA	-	4,994		5,287		2,166		3,077	
d.m.s. LINHA	-	-		-		1,525		-	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

6.2.5 N- α -aminossolúvel

O comportamento dos aminoácidos livres nas plantas de *B. pilosa* submetidas à aplicação de herbicidas pós-emergentes pode ser observado na Tabela 26. Verificou-se, ainda, que não houve interação entre os fatores herbicidas e umidade.

Os aminoácidos encontrados na testemunha foram menores que nos tratamentos químicos, independente do período avaliado. Às 48 HAA, foi observada uma maior concentração quando da aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr em relação à testemunha. Os herbicidas fomesafen e lactofen não diferiram da testemunha o que sugere que às 48 HAA o decréscimo de proteínas ainda não estava alto para os herbicidas inibidores da ALS. Os resultados apresentados evidenciam um aumento na concentração de aminoácidos livres quando da aplicação dos diferentes herbicidas.

Nemat Alla et al., (2008) observou um aumento de aminoácidos em plantas de trigo e milho aplicados com herbicidas metribuzin, butachlor e chlorimuron-ethyl, os pesquisadores relataram que a explicação para este fato se deve ao aumento no conteúdo de N-solúvel. Além disso, a diminuição no conteúdo de proteínas e o aumento na concentração de aminoácidos podem sugerir um aumento em proteólises.

Às 72 HAA, não foi observado diferença entre os herbicidas testados, sendo que apenas diferiram da testemunha, porém todos os herbicidas elevaram a concentração de aminoácidos no tecido foliar de plantas de *B. pilosa*.

As maiores concentrações de aminoácidos às 96 HAA foram quando da aplicação do lactofen e chlorimuron-ethyl e apenas este último diferiu dos outros tratamentos, sendo que os menores valores foram encontrados para os herbicidas fomesafen e imazethapyr, respectivamente. Contudo, a testemunha diferiu de todos os tratamentos com a menor concentração.

Tabela 26. Valores médios de N- α -aminossolúvel em plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	N- α -aminossolúvel		
		(μmol g ⁻¹ massa seca)		
		48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	46,750 c	53,714 b	52,203 c
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	68,750 bc	104,173 a	108,078 b
lactofen	240,0	69,125 bc	100,931 a	117,705 ab
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	96,125 ab	107,976 a	141,069 a
imazethapyr	100,0	98,875 a	112,976 a	95,366 b
F HERBICIDA	-	9,05**	27,79**	19,96**
F UMIDADE	-	2,67 ^{ns}	30,33**	3,84 ^{ns}
F H x U	-	0,11 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,30 ^{ns}
C.V. (%)	-	26,9	13,4	20,2
d.m.s.	-	29,604	18,680	30,221

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

Na Tabela 27, registram-se os efeitos da umidade na concentração de N- α -aminossolúvel. Verifica-se que houve um aumento na quantidade de aminoácidos livres com o incremento das horas após a aplicação e entre a condição hídrica imposta apenas para a avaliação de 72 HAA.

De acordo com Lacher (2004), sob influência de estresses ambientais, a síntese de proteínas é inibida e a degradação é acelerada, o que leva a um acúmulo de aminoácidos livres, apresentando como característica marcante de um distúrbio no metabolismo das proteínas. Uma mudança nas proporções de aminoácidos, cuja síntese, transporte, acumulação e degradação podem ser atribuídas como respostas adaptativas das plantas ao estresse hídrico (TAYLOR, 1996).

Por tanto, quando as plantas de *B. pilosa* são submetidas a déficit hídrico ocorre um aumento na concentração de aminoácidos, porém apenas foram

significativas às 72 HAA. De acordo com Nemat Alla et al. (2008), uma queda no teor de proteínas é previsível por ser uma resultante da diminuição na síntese e um aumento na quebra de moléculas pré-existentes. Assim, como observado neste estudo, as mudanças nas taxas de faturamento de proteínas podem dar um aumento na maioria dos aminoácidos.

Tabela 27. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Bidens pilosa* após a aplicação de alguns herbicidas, sob duas condições hídricas, obtidas nos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	N- α -aminossolúvel ($\mu\text{mol g}^{-1}$ massa seca)		
	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	70,650 a	84,685 b	96,425 a
CE	81,200 a	107,110 a	109,342 a
d.m.s.	13,179	8,316	13,453

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

DAA - Dias após a aplicação

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

6.3 *Ipomoea grandifolia*

6.3.1 Controle químico

Para o controle de plantas de *I. grandifolia* verificou-se que apenas não houve interação significativa entre herbicida e umidade na avaliação aos 21 DAA. Os herbicidas inibidores da PROTOX proporcionaram controles considerados bons, sendo que os inibidores da ALS não foram eficientes (Tabela 28).

Aos 7 DAA, apenas o herbicida fomesafen controlou acima de 50,0%, porém com valores considerados ainda insatisfatórios. Os herbicidas lactofen e imazethapyr proporcionaram controles próximos a 20%. Controle estes, que foi incrementado 14 DAA, porém ainda insatisfatórios. Quando as plantas estavam com 14 DAA o herbicida fomesafen já havia proporcionado um bom controle de 92,0%, e que se manteve nas demais avaliações.

Aos 21 DAA, as plantas tratadas com os herbicidas lactofen, chlorimuron-ethyl e imazethapyr apresentaram um controle não aceitável das plantas daninhas, porém aos 28 DAA apenas o lactofen passou a controlar de forma eficiente.

Ocorreu uma separação, aos 28 DAA, para os herbicidas inibidores da PROTOX, com um controle muito bom, e os inibidores da ALS com um controle insatisfatório das plantas de *I. grandifolia*.

Tabela 28. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	(%) de Controle			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	64,75 a	92,38 a	94,13 a	93,63 a
lactofen	240,0	23,38 c	56,38 c	69,29 b	90,46 a
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	48,38 b	68,25 b	66,13 b	57,50 c
imazethapyr	100,0	19,12 c	43,75 d	56,75 b	78,00 b
F HERBICIDA	-	33,73**	52,88**	16,49**	47,95**
F UMIDADE	-	2,57 ^{ns}	14,08**	1,89 ^{ns}	15,01**
F H x U	-	7,68**	5,94**	0,94 ^{ns}	6,53**
C.V. (%)	-	26,9	12,4	15,5	8,4
d.m.s	-	14,5	11,2	15,3	9,2

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
DAA – Dias após a aplicação

Os resultados de controle das plantas de *I. grandifolia* sob efeito da condição de déficit hídrico podem ser observados na Tabela 29. Aos 7 DAA, o controle não foi alterado quando as plantas foram submetidas a déficit hídrico. No entanto, com o tempo essa condição de umidade teve um efeito negativo, pois aos 14 DAA essa diferença no controle foi de 15,24%.

Aos 21 DAA, novamente, não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem déficit hídrico, porém aos 28 DAA esse valor de controle teve

uma diferença de 10,85%, mostrando que o déficit hídrico dificultou o controle dessa espécie de planta daninha.

Tabela 29. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas, sob duas condições hídricas, obtidas nos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	(% de Controle			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
SE	41,88 a	70,56 a	74,27 a	84,48 a
CE	35,94 a	59,81 b	68,87 a	75,31 b
d.m.s.	7,6	5,9	8,1	4,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação

Ao analisar a interação herbicida e umidade (Tabela 30) nota-se que o herbicida fomesafen proporcionou o maior controle sem a imposição de déficit hídrico aos 7 DAA, porém quando a condição de déficit hídrico foi imposta esse controle caiu 42,68%, mas foi ainda superior ao controle proporcionado pelo lactofen e imazethapyr e, semelhante ao do chlorimuron-ethyl. O controle menos eficiente verificado sem déficit hídrico foi o proporcionado pelo imazethapyr e o lactofen.

Aos 14 DAA, o herbicida fomesafen proporcionou um controle muito bom da planta daninha nas duas condições hídricas estudadas e superiores aos outros três herbicidas, que mostraram controles insatisfatórios.

Aos 28 DAA, verifica-se que tanto o herbicida fomesafen como o lactofen mostraram-se eficientes no controle das plantas de *I. grandifolia* independente da presença ou não de déficit hídrico. Ressalta-se que o controle proporcionado por estes dois herbicidas foram superiores aos observados por chlorimuron-ethyl e imazethapyr, o que demonstrou que os inibidores da ALS são menos eficientes no controle desta planta e que o chlorimuron-ethyl é mais afetado pela condição hídrica do que o imazethapyr.

Tabela 30. Valores médios de porcentagem de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	(%) de Controle							
		7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
		Condição hídrica							
		SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	82,00 aA	47,00 aB	95,00 aA	89,75 aA	96,75 a	91,50 a	96,50 aA	90,75 aA
lactofen	240,0	23,25 bA	23,50 bA	57,00 bA	55,75 bA	67,33 b	71,25 ab	90,67 abA	90,25 aA
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	41,25 bA	55,50 aA	70,75 bA	65,75 bA	73,50 b	58,75 b	71,00 cA	44,00 cB
imazethapyr	100,0	21,00 bA	17,25 bA	59,50 bA	28,00 cB	59,50 b	54,00 b	79,75 bcA	76,25 bA
d.m.s. COLUNA	-	20,4		15,8		21,7		13,1	
d.m.s. LINHA	-	15,3		11,8		-		9,8	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação

6.3.2 Massa Seca

A massa seca de plantas de *I. grandifolia* submetidas a déficit hídrico podem ser observados na Tabela 31. A interação herbicida e umidade foi significativa. Todos os herbicidas reduziram a massa seca das plantas em cada nível de forma eficiente.

Tabela 31. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicidas	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Massa Seca de parte aérea (%)
testemunha	-	78,89 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	8,43 b
lactofen	240,0	13,31 b
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	8,43 b
imazethapyr	100,0	9,28 b
F HERBICIDA	-	28,54**
F UMIDADE	-	354,93**
F H x U	-	34,52**
C.V. (%)	-	19,6
d.m.s.	-	6,7

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).

A condição hídrica proporcionou uma redução da massa seca das plantas daninhas, sendo essa estatisticamente diferente (Tabela 32). Essa redução quando comparada com o tratamento sem a condição de déficit hídrico foi de 28,45% na massa seca dessas plantas.

Tabela 32. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas sob duas condições hídricas, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	Massa Seca de Parte Aérea (%)
SE	27,59 a
CE	19,74 b
d.m.s.	3,0

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

Na Tabela 33, estão apresentados os resultados da interação entre herbicida e umidade referentes aos valores médios de porcentagem de massa seca. Quando as plantas foram submetidas o déficit hídrico a testemunha teve uma redução significativa de 42,21%.

Os herbicidas comportaram-se de forma semelhante independente da condição hídrica imposta, proporcionando acúmulo de massa seca semelhante e inferior a testemunha.

Tabela 33. Valores médios de porcentagem de massa seca da parte aérea de plantas de *Ipomoea grandifolia*, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade da interação entre herbicida e condição hídrica. Botucatu/SP, 2010.

Herbicidas	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Massa Seca de Parte Aérea	
		(%)	
		Condição hídrica	
		SE	CE
testemunha	-	100,00 aA	57,79 aB
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	9,11 bA	7,75 bA
lactofen	240,0	13,69 bA	12,93 bA
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	7,22 bA	9,65 bA
imazethapyr	100,0	7,95 bA	10,61 bA
d.m.s. COLUNA	-	9,5	
d.m.s. LINHA	-	6,7	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05). SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico

6.3.3 Carboidratos solúveis

Na Tabela 34 estão apresentados os resultados do efeito dos diferentes herbicidas sobre o conteúdo de carboidratos solúveis, em diferentes períodos de avaliação, bem como se verifica que não houve efeito da interação entre herbicida e umidade.

Às 24 HAA, nenhum dos herbicidas testados influenciou o conteúdo de carboidratos solúveis nas plantas de *I. grandifolia*. Observaram-se, às 48 HAA, que nenhum dos herbicidas estudados reduziu o conteúdo de carboidratos solúveis em relação à testemunha, porém nota-se que os inibidores da ALS, chlorimuron-ethyl e imazethapyr, incrementaram seu conteúdo.

Ocorreu uma inversão de resultados, às 72 HAA, os herbicidas inibidores da PROTOX, fomesafen e lactofen, proporcionaram conteúdos de carboidratos solúveis maiores quando comparados com os encontrados na testemunha e, os inibidores

da ALS, mantiveram conteúdos semelhantes à testemunha. Ao final das avaliações, 96 HAA, não ocorreu diferenças entre os herbicidas testados com conteúdos semelhantes.

Tabela 34. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Carboidratos Solúveis			
		(mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	1,198 a	1,772 bc	1,706 b	1,798 b
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	1,196 a	1,628 c	2,097 a	1,921 ab
lactofen	240,0	1,336 a	1,869 abc	2,107 a	1,999 ab
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	1,246 a	2,005 ab	1,710 b	2,119 a
imazethapyr	100,0	1,279 a	2,114 a	1,706 b	2,033 ab
F HERBICIDA	-	1,22 ^{ns}	5,40**	17,18**	3,02*
F UMIDADE	-	4,74*	2,93 ^{ns}	8,58**	7,93**
F H x U	-	0,85 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,69 ^{ns}
C.V. (%)	-	12,0	12,4	7,9	10,0
d.m.s.	-	0,218	0,337	0,214	0,287

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
HAA – Horas após a aplicação

Na Tabela 35, registrou-se que o déficit hídrico alterou o conteúdo de carboidratos solúveis nas plantas de *I. grandifolia*, com exceção para a avaliação efetuada às 48 HAA. Segundo Kramer (1995), a seca exerce importante influência no conteúdo de carboidratos em diversas espécies. Em virtude do efeito da seca o amido é degradado nos tecidos foliares que o acumulam; a redução na quantidade de amido é consequência da atividade da amilase, sendo acompanhada por um aumento da quantidade de carboidratos solúveis.

Às 24 HAA, o déficit hídrico proporcionou um aumento no conteúdo de carboidratos solúveis de cerca de 7,98% com relação ao tratamento sem estresse. Na avaliação de 72 HAA o aumento foi de 7,00% e às 96 HAA esse aumento foi maior, cerca de 8,54%.

Este aumento no conteúdo de carboidratos denominado de ajuste osmótico (MUNNS, 1988), tem sido verificado em várias espécies (MORGAN, 1984) e é considerado um dos mais eficazes para a manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente uma abertura estomática e fotossíntese ideal sob condições de baixo potencial hídrico no solo (FUNKHOUSER et al. 1994; KRAMER, 1995).

Tabela 35. Valores médios de carboidratos solúveis em plantas de *Ipomoea grandifolia* sob duas condições hídricas, e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição Hídrica	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	1,199 b	1,815 a	1,798 b	1,886 b
CE	1,303 a	1,941 a	1,934 a	2,062 a
d.m.s.	0,097	0,150	0,095	0,128

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p> 0,05).

SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

6.3.4 Proteínas solúveis

Os valores de proteínas solúveis estão apresentados na Tabela 36, no qual se observa que não houve interação entre herbicidas e umidade. Às 24 HAA não se observou nenhum efeito dos herbicidas testados sobre o teor de proteínas solúveis. Contudo, às 48 HAA, o chlorimuron-ethyl proporcionou um aumento no teor de proteínas, enquanto o fomesafen foi o herbicida que mais a reduziu, porém todos os tratamentos foram inferiores ao chlorimuron-ethyl.

Quando o teor de proteínas foi quantificado às 72 HAA, o herbicida chlorimuron-ethyl continuou com o teor elevado de proteínas solúveis, o que sugere um menor efeito negativo deste herbicida, porém não diferiu dos outros tratamentos.

Às 96 HAA, na testemunha foi observado um teor de proteínas semelhante aos herbicidas inibidores da ALS, chlorimuron-ethyl e imazethapyr. Como visto anteriormente nas outras plantas daninhas estudadas, o herbicida fomesafen reduziu

significativamente os teores de proteínas solúveis, seguido do lactofen, porém este não deferiu dos herbicidas inibidores da ALS (chlorimuron-ethyl e imazethapyr) que proporcionaram os maiores teores.

Isto se deve ao fato de que os herbicidas inibidores da PROTOX quando aplicados em tecidos foliares, essas proteínas são atacadas e oxidadas, resultando em perda da clorofila e dos carotenóides e no rompimento das membranas (OLIVEIRA JUNIOR, 2001), o que pode explicar a redução expressiva no teor de proteínas solúveis encontrados neste estudo em plantas de *I. grandifolia*.

Tabela 36. Valores médios de proteínas solúveis em plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Proteínas Solúveis			
		(mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	9,043 a	8,789 b	9,204 a	10,910 a
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	8,922 a	7,778 b	8,929 a	4,458 c
lactofen	240,0	8,792 a	8,019 b	9,318 a	8,146 b
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	9,226 a	10,743 a	10,051 a	9,944 ab
imazethapyr	100,0	8,038 a	8,973 b	9,873 a	9,402 ab
F HERBICIDA	-	0,92 ^{ns}	8,84 ^{**}	1,13 ^{ns}	28,94 ^{**}
F UMIDADE	-	0,88 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,33 ^{ns}	2,32 ^{ns}
F H x U	-	0,68 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,11 ^{ns}
C.V. (%)	-	15,3	12,5	13,2	15,4
d.m.s.	-	1,954	1,609	1,819	1,913

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

6.3.5 N- α -aminossolúvel

Em todos os tratamentos foi verificado que os herbicidas inibidores da ALS proporcionaram uma maior concentração de aminoácidos livres, enquanto

herbicidas inibidores da PROTOX proporcionaram uma redução em relação aos inibidores da ALS, registrou-se, ainda, que não houve interação entre os fatores herbicida e umidade (Tabela 38). Os herbicidas fomesafen e lactofen foram os que apresentaram menor aumento, às 48 HAA, porém não diferiram da testemunha os herbicidas que proporcionaram uma maior concentração de aminoácidos foram chlorimuron-ethyl e imazethapyr, em plantas de *I. grandifolia*.

Às 72 HAA, o menor resultado foi encontrado para o herbicida lactofen, no qual não diferiu da testemunha, porém foi diferente dos demais herbicidas. O fomesafen, chlorimuron-ethyl e imazethapyr apresentaram concentrações de aminoácidos livres mais elevadas, sendo o chlorimuron-ethyl o que proporcionou uma maior concentração. O herbicida fomesafen proporcionou a menor concentração de aminoácidos livres depois do lactofen, porém essa concentração foi superior ao da testemunha.

Às 96 HAA, observou-se que para os herbicidas testados o fomesafen proporcionou a menor concentração de aminoácidos livres, sendo apenas maior que a testemunha. Contudo, a concentração de aminoácidos livres para o herbicida lactofen foi maior neste período em relação ao fomesafen. Os herbicidas inibidores da ALS proporcionaram as maiores concentrações, sendo que o chlorimuron-ethyl apresentou a maior concentração destes.

Shaner e Reider (1986) e Rhodes et al., (1987) observaram um decréscimo em valina, leucina e isoleucina associado com um incremento de outros aminoácidos como: os aromáticos e alifáticos em plantas de *Zea mays* L. e *Lemna minor* L. tratada com herbicidas inibidores da ALS, respectivamente.

Tabela 38. Valores médios de N- α -aminossolúvel em plantas de *Ipomoea grandifolia* após a aplicação de alguns herbicidas, em diferentes períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	N- α -aminossolúvel (μ mol g ⁻¹ massa seca)		
		48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	60,000 b	44,513 c	44,250 c
fomesafen	250,0 ⁽¹⁾	56,125 b	64,269 ab	50,196 b
lactofen	240,0	59,750 b	50,979 bc	50,701 bc
chlorimuron-ethyl	250,0 ⁽²⁾	89,375 a	80,995 a	74,207 a
imazethapyr	100,0	97,500 a	65,732 ab	62,969 ab
F HERBICIDA	-	9,39**	8,89**	15,01**
F UMIDADE	-	9,28**	6,82*	3,74 ^{ns}
F H x U	-	0,33 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,22 ^{ns}
C.V. (%)	-	24,6	21,9	15,6
d.m.s.	-	25,897	19,514	12,740

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p>0,05).

HAA – Horas após a aplicação

Ao contrário de *E. heterophylla* e *B. pilosa*, plantas de *I. grandifolia* quando submetidas ao déficit hídrico reduziram as concentrações de aminoácidos (Tabela 39).

No período de 48 HAA, observou-se um decréscimo na concentração de aminoácidos livres, no qual essa diminuição foi de 21,2%. Quando se verificou, às 72 HAA, essa concentração nota-se que esse decréscimo foi de 16,7%, mostrando que o déficit hídrico reduziu essa concentração. Às 96 HAA, o déficit hídrico não proporcionou diferença significativa em relação à condição sem estresse.

Tabela 39. Valores médios de N- α -aminossolúvel em plantas de *Ipomoea grandifolia* em duas condições hídricas e períodos de avaliação, obtidos no desdobramento dos graus de liberdade das variáveis principais. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	N- α -aminossolúvel ($\mu\text{mol g}^{-1}$ massa seca)		
	48 HAA	72 HAA	96 HAA
SE	81,150 a	66,852 a	59,150 a
CE	63,950 b	55,743 b	53,779 a
d.m.s.	11,528	8,687	5,671

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).
SE – sem déficit hídrico; CE – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proposto expressa o comportamento de alguns herbicidas inibidores da ALS e PROTOX na eficiência de controle sobre as plantas daninhas *E. heterophylla*, *B. pilosa* e *I. grandifolia* quando estas foram submetidas a condições de déficit hídrico. Os resultados encontrados poderão ser de grande importância para aplicação de herbicidas em condições de campo.

Quando a umidade do solo encontra-se baixa, o controle proporcionado pelo herbicida, chlorimuron-ethyl sobre as plantas de *E. heterophylla* e *I. grandifolia* pode ser reduzido, enquanto que para plantas de *B. pilosa* o herbicida lactofen foi mais afetado pelo déficit hídrico, o que poderia elevar, por exemplo, o custo de produção da cultura da soja. Dessa forma, saber qual herbicida é mais eficiente para determinada planta daninha na umidade do solo correta pode evitar uma nova aplicação. Quando a umidade do solo encontra-se em condições ideais, apenas o herbicida fomesafen controlou as três espécies estudadas de maneira satisfatória, porém quando essas plantas encontram-se sob déficit hídrico o controle proporcionado por este herbicida será apenas reduzido para plantas de *B. pilosa*, sendo uma alternativa para *E. heterophylla* e *I. grandifolia* em áreas de déficit hídrico.

Ressalta-se que, em condições hídricas normais o herbicida chlorimuron-ethyl mostrou-se eficiente no controle das espécies estudadas, porém sob déficit hídrico o herbicida imazethapyr foi mais eficiente em relação ao chlorimuron-ethyl independentes de ambos serem inibidores da ALS. As características bioquímicas é um fator importante para a análise de déficit hídrico em plantas. Assim, saber o comportamento das plantas daninhas através dessas características torna-se de fundamental importância para o controle destas. Os herbicidas alteram as concentrações dos solutos orgânicos quando as plantas são submetidas a déficit hídrico para todas as espécies estudadas.

Com os resultados apresentados deixa-se claro a necessidade de aplicar-se estes herbicidas em condições hídricas adequadas para obter-se uma boa eficiência de controle, pois o chlorimuron-ethyl apenas é eficiente nessas condições. Dessa forma, é oferecido o melhor herbicida para uma determinada condição hídrica.

8 CONCLUSÕES

- O déficit hídrico reduziu a eficiência de controle dos herbicidas estudados e os herbicidas reduziram o acúmulo de massa seca das plantas estudadas com destaque para o fomesafen, enquanto que a condição de déficit reduziu esse acúmulo para *E. heterophylla* e *I. grandifolia*, exceto para *B. pilosa*;
- O conteúdo de carboidratos solúveis aumentou em todas as plantas estudadas após a aplicação dos herbicidas independente da condição hídrica, enquanto que a condição de déficit elevou esse conteúdo em todas as espécies;
- Todos os herbicidas reduziram os teores de proteínas solúveis, com destaque para os inibidores da PROTOX em todas as plantas estudadas, enquanto que a condição de déficit hídrico reduziu os teores de proteínas solúveis para *E. heterophylla* e *B. pilosa*, exceto para *I. grandifolia* que não houve redução;
- Os herbicidas aplicados proporcionaram aumentos nas concentrações de aminoácidos livres em todas as plantas, enquanto, que a condição de déficit reduziu as concentrações de aminoácidos em *E. heterophylla* e *I. grandifolia* e elevou-os para *B. pilosa*.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, W. H. (Ed.). **Herbicide handbook**. 7th ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.

ANDERSON, D. M. et al. The influence of temperature and humidity on the efficacy of glufosinato ammonium. **Weed Research**, Oxford, v. 33, p. 139-147, 1993.

ARANHA, M. M. et al. Dinitro-o-cresol induces apoptosis-like cell death but not alternative oxidase expression in soybean cells. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 164, p. 675-684, 2007.

ARTLIP, T. S.; WISNIEWSKI, M. E. Induction of proteins in response to biotic and abiotic stresses. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 2001. p. 657-680.

ASCENIO, J. Root secreted acids phosphates kinetics as a physiological marker for phosphorus deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 20, p. 9-26, 1997.

BASLER, E.; TODD, G. W.; MEYER, R. E. Effects of moisture stress on absorption, translocation and distribution of 2,4-dichlorophenoxyacet acid in bean plants. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 36, p. 573-579, 1961.

BEGG, J.E.; TURNER, N.C Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 28, p. 161-217, 1976.

BOHNERT, H. J.; SHEN, B. Transformation and compatible solutes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 237-260, 1999.

BOTHA, F. C.; BOTHA, P. J. The effect of water stress on the nitrogen metabolism of two maize lines II: effects on the rate of protein synthesis and chlorophyll II content. **Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie**, Stuttgart, v.1, n.2, p.179-183, 1979.

BOYDSTON, R. A. Soil water content affects the activity of four herbicides on green foxtail. **Weed Science**, Lawrence, v. 38, p. 578-582, 1990.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Saint Louis, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 2, p. 48-54, 1997.

BRAY, E.A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 103, p. 1035-1040, 1993.

BRIDGES, D. C.; BRICK, B. J.; BARBAUS, J. C. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed Technology**, Champaign, v. 40, p. 37-42, 1992.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. cap. 2 , p. 95-104.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACOLLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado**: Estação Experimental "Presidente Médici". Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1983. 95 p.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1-16, 1991.

COCKING, E. C.; YEMM, E. W. Estimation of amino acids by ninhydrina. **Biochemical Journal**, Londres, v. 58, p. R12-R12, 1954.

CRAFTS-BRANDNER, S. J.; PONELEIT, C. G. Selection for seed growth characteristics: effect on leaf senescence in maize. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 127-131, 1992.

DALE, J. E. The control of leaf expansion. **Annual Review in Plant Physiology**, Palo Alto, v. 39, p. 267-295, 1988.

DICKSON, R. L. et al. Effect of water stress nitrogen and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). **Weed Science**, Lawrence, v. 38, p. 54-61, 1990.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analitical chemistry**, Chapel Hill, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, df, 1999. 412 p.

FAVER, K. L. et al. Late season water stress in cotton: Leaf gas exchange and assimilation capacity. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 922-928, 1996.

FERREIRA, E. A. et al. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil IV: *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, p. 263-271, 2003.

FUNKHOUSER, E. A. et al. Cellular and molecular responses to water deficits stress in woody plants. In: PESSARALAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 347-362.

GALON, L. et al. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 325-330, set. 2007.

GRANT, R.F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation a testing. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1322-1328, 1992.

HANSON, A. D.; HITZ, W. D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 33, p. 163-203, 1982.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. 2000. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/In.asp>>. Acesso em: 9 mar. 2010.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, p. 160-170, 2000.

HEWSON, R. T.; ROBERTS, H. A. Effects of weed competition for different periods of growth on yield of red beet. **Journal Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 48, p. 281-292, 1973.

HSAIO, T. C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E. Stress metabolism: water stress, growth and osmotic adjustment. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, Londres, v. 273, p. 479-500, 1976.

HSIAO, T.C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Cristal City, v. 92, p. 185-202, 2005.

JORDAN, W. R. Whole plant response to water deficits: an overview. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R.; SINCLAIR, T. R. **Limitations to efficient water use in crop production**, Madison: ASA, CSSA, SSA, 1983. p. 289-317.

KELLING, C. R. S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**. 1995. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.

KIDDER, D. W.; BEHRENS, R. Control of plant water potential in water stress studies. **Weed Science**, Lawrence, v. 39, p. 91-96, 1991.

KIDDER, D. W.; BEHRENS, R. Plant response to haloxyfop as influenced by water stress. **Weed Science**, Lawrence, v. 36, p. 305-311, 1988.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 215 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf, 1999. 978 p.

KLINGMAN, G. C.; ASHTON, F. M. **Weed science: principles and practices**. New York: John Wiley, 1975. 431 p.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants and soils**. London: Academic Press, 1995. 495 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 331-335, 1996.

LEVENE, B. C.; OWEN, M. D. K. Effect of moisture stress and leaf age on bentazon absorption in common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Science**, Lawrence, v. 43, p. 7-12, 1995.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress II**: water radiation, salt and other stress. New York: Academic Press, 1980. 606 p.

LOPES, B. F.; SETER, T. L.; McDAVID, C. R. Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water deficit and recovery. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 141-145, 1988.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestre, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, São Diego, v. 43, p. 107-153, 1990.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas**: mecanismo de ação e uso. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. 34 p. (Documentos, 227).

MARTINETTI, L.; SCARPONI, L.; NEMAT ALLA, M. M. Effect of rimsulfuron and its major degradation product on ALS activity and on protein and starch formation in maize. **Brighton Crop Protection Conference**: weeds, p.405-410, 1995.

MATIELLO, R. R.; RONZELI JÚNIOR, P.; PURÍSSIMO, C. Mecanismo de resistência: fatores biológicos, agronômicos e genéticos. In: CURSO DE MANEJO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS, 2., 1999, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: AECG, 1999. p. 27-40.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MOOSAVI-NIA, H.; DORE, J. Factors affecting glyphosate activity in *Imperata cylindrica* (L.) Beau. and *Cyperus rotundus* L. I. Effect of soil moisture. **Weed Research**, Oxford, v. 19, p. 137-143, 1979.

MORGAN, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p. 299-319, 1984.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 376 p.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, New Jersey, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R. Why measure osmotic adjustment? **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, p. 717-726, 1988.

NALEWAJA, J. D.; WOZNICA, Z. Environment and chlorsulfuron phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 22, p. 395-399, 1985.

NEMAT ALLA, M. M. et al. Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 90, p. 8-18, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. **Mecanismo de ação de herbicidas**. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Coords.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 207-260.

PÁEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 698-706, 1995.

PEREGOY, R. et al. Moisture stress effects on the absorption, translocation, and metabolism of haloxyfop in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 38, p. 331-337, 1990.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2021-2027, 1999.

PITELLI, L. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” salino. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 3, p. 85-94, 1980.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Anatomia foliar de plantas daninhas do Brasil**. Viçosa, MG: Edição dos Autores, 2003. v. 1, 118 p.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

REYNOLDS, D. B. et al. Moisture stress effects on absorption and translocation of four foliar-applied herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v. 2, p. 437-441, 1988.

RHODES, D. et al. Amino acid metabolism of *Lemna minor* L. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 84, p. 775-780, 1987.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficácia de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, 2005. Disponível em: <http://www.upf.br/rbherbicidas/download/rbh_carfentrazone.pdf> Acesso em: 19 out. 2010.

RUAS, R. A. A. et al. Efeito de doses de fomesafen no controle de *Euphorbia heterophylla* em estádios iniciais de crescimento. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, La Habana, v. 14, n. 4, p. 32-37, 2005.

SCARPONI, L.; NEMAT ALLA, M. M.; MARTINETTI, L. Consequences on nitrogen metabolism in soybean (*Glycine max* L.) as a result of imazethapyr action on acetohydroxyacid synthase, **Journal Agriculture Food Chemical**, Davis, v. 43, p. 809-814, 1995.

SCARPONI, L. et al. Effects of chlorimuron-ethyl, imazethapyr and propachlor on free amino acids e protein formation in *Vicia faba* L. **Journal Agriculture Food Chemical**, Davis, v. 45, p. 3652-3658, 1997.

SHANER, D. L.; REIDER, M. L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC-243,997 in combination with valine, leucine and isoleucina. **Pesticide Biochemical Physiology**, San Diego, v. 25, p. 248-257, 1986.

SHARMA, S. D.; SINGH, M. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Crop Protection**, London, v. 20, p. 511-516, 2001.

SHULTZ, H. R.; MATTEWS, M. A. Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 287-294, 1993.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Cristal City, v. 98, p. 91-97, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.
Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, 1995. 42 p.

STIDHAM, M. A.; SINGH, B. K. Imidazolinone-acetohydroxy acid synthase interaction. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 72-90.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAYLOR, C. B. Proline and water deficit: ups, downs, ins, and outs. **Plant Cell**, Waterbury, v. 8, p. 1221-1224, 1996.

TREZZI, M. M. et al. Local de absorção de fomesafen como mecanismo de resistência em biótipo de *Euphorbia heterophylla* resistente aos inibidores da PROTOX. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 139-148, 2009.

VANDEVENDER, K. W.; COSTELLO, T. A.; SMITH, R. J. Jr. Model of rice (*Oryza sativa*) yield reduction as a function of weed interference. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 2, p. 218-224, 1997.

VICTORIA FILHO, R. Fatores que influenciam a absorção foliar dos herbicidas. **Informe Agropecuário**, Cidade Nova, v. 11, p. 31-37, 1985.

VIDAL, R. A.; WINKLER, L. M. Resistência de plantas daninhas: seleção ou indução à mutação pelos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS). **Pesticidas**, Curitiba, v. 12, p. 31-42, 2002.

VIDAL, R. A. **Herbicidas**: um mecanismo de ação e resistência de plantas. Porto Alegre, 1997. 165 p.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152 p.

WEBER, E. **Invasive plant species of the world**: a reference guide to environmental weeds. Wallingford: CABI, 2003. 548 p.

WILLARD, T. S.; GRIFFIN, J. L. Soybean (*Glicine max*) yield and quality responses associated with wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) control programs. **Weed Technology**, Champaign, v. 7, p. 118-122, 1993.

WILSON, A. K. *Euphorbia heterophylla*: a review of distribution, importance and control. **Tropical Pest Management**, Florida, v. 27, n. 1, p. 32-38, 1981.

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. V.; NETO, J. F. B. Caracterização genética de *Euphorbia heterophylla* resistente a herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1067-1072, 2003.

WULLSCHLEGER, S. D.; OOSTERHUIS, D. M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 1259-1264, 1990.

ZANG, J.; KIRKHAM, M. B. Drought-stress-induced changes in activities of superoxides dismutase, catalase, and superoxidase in wheat species. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 785-791, 1994.

ZHANG, W.; WEBSTER, E. P.; SELIM, H. M. Effect oh soil moisture on efficacy of imazethapyr in greenhouse. **Weed Technology**, Champaign, v. 15, p. 355-359, 2001.