UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

COMPORTAMENTO MORFO-FISIOLÓGICO DE *Commelina benghalensis* EM RESPOSTA A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA

Valquiria Krolikowski

Ilha Solteira – SP
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

COMPORTAMENTO MORFO-FISIOLÓGICO DE *Commelina benghalensis* EM RESPOSTA A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA

Valquiria Krolikowski

Orientador: Prof. Dr. Fernando Tadeu de Carvalho

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP
2015

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

K93c

Krolikowski, Valquiria.
Comportamento morfo-fisiológico de *Commelina benghalensis* em resposta a herbicidas aplicados em pós-emergência / Valquiria Krolikowski. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
48 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Fernando Tadeu de Carvalho
Inclui bibliografia

1. Trapoeraba. 2. Estádio fenológico. 3. Tolerância.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Comportamento morfo-fisiológico de Commelina benghalensis em resposta a herbicidas aplicados em pós-emergência

AUTORA: VALQUIRIA KROLIKOWSKI

ORIENTADOR: Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. EDSON LAZARINI
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegocios

Data da realização: 27 de abril de 2015.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Soeli Maria Krolikowski e Jórge Krolikowski pelo apoio e compreensão, por sempre me orientarem e incentivarem dando as condições necessárias para alcançar todos meus objetivos.

Às minhas irmãs Vanessa Krolikowski e Valéria Krolikowski pelo apoio, carinho e confiança em mim.

Aos meus avós, Ladislau Krolikowski e Thereza Rogoski Krolikowski pelo apoio, carinho e dedicação ao longo de toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por sempre me guiar na vida, com ensinamentos, oportunidades, e novos caminhos;

Ao professor Dr. Fernando Tadeu de Carvalho pela paciência e confiança na orientação deste trabalho;

À professora Drª Maiele Leandro da Silva e ao engenheiro agrônomo Paulo Eduardo Teodoro pela paciência e dedicação no auxilio as análises;

E aos meus pais Soeli Maria Krolikowski e Jórge Krolikowski pelo amor, auxilio, compreensão e confiança nessa jornada que se finda agora;

Às minhas queridas irmãs Vanessa Krolikowski e Valéria Krolikowski pelo amor, carinho, amizade companheirismo e por sempre acreditarem em mim;

Ao meu namorado, Sebastião Nilce Souto Filho, que esteve presente como namorado, amigo, companheiro em todos os momentos, dedicando-se, incentivando e auxiliando a conclusão deste trabalho.

Ao meu cunhado Victor Tardiveli pelo carinho, apoio e auxílio nos momentos de precisão;

À Faculdade de Engenharia (FEIS/Unesp) – Campus de Ilha Solteira, meus agradecimentos pela possibilidade de realização deste trabalho;

Ao João Josué Barbosa pela compreensão e auxilio na conclusão dessa etapa tão importante;

Aos meus amigos Lourdes Dickmann, Wanderléia Rodrigues, Sanderley Cruz e Caroline Aquino Soares pela amizade, apoio e carinho em toda essa jornada;

À todos colegas e amigos, que de alguma forma me auxiliaram nesta caminhada, seja nos estudos ou numa boa conversa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro concedido.

RESUMO

Do gênero *Commelina*, as trapoerabas são consideradas plantas daninhas em todas culturas no mundo. Além de prejudicar lavouras, as trapoerabas também infestam quintas e terrenos baldios em todo o país. Dificuldades no controle de *Commelina benghalensis* com os herbicidas existentes estão sendo observados em campo, portanto, este trabalho teve como objetivo de avaliar o controle de *C. benghalensis*, após a aplicação de diferentes herbicidas em cinco estádios fenológicos. As plantas foram cultivadas em vasos de 2 L contendo substrato Bioplant e solo, sendo mantidas durante todo experimento em casa de vegetação da Universidade estadual Paulista "Julio Mesquita Filho" - Faculdade de Engenharia. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições, em esquema fatorial 8 x 5, ou seja 7 herbicidas em doses comerciais atrazina, carfentrazone, flumioxazin, glyphosate, metanoarseniato ácido monossódico (MSMA), nicosulfuron, paraquat e uma testemunha, aplicados em 5 estádios fenológicos ajustados à escala BBCH (duas folhas verdadeiras ou cartucho foliar não distendido – BBCH 11; três folhas verdadeiras ou cartucho foliar não distendido – BBCH 12; Primeiro caule lateral visível – BBCH 21; Dois caules laterais visíveis – BBCH 22 e início de florescimento, com vinte perfilhos – BBCH 51). Observou-se que o estádio fenológico das plantas tem influência na eficiência do controle químico. Plantas em estádios iniciais de desenvolvimento (BBCH 11 e 12) mostraram-se mais suscetíveis aos herbicidas, no entanto ocorrendo controle em sua totalidade somente com os herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat. Apesar de sofrer fortes injúrias a *C. beghalensis* apresentou tolerância a dose aplicada nos demais tratamentos.

Palavras-chave: Trapoeraba. Estádio fenológico. Tolerância

ABSTRACT

The genus Commelina, the spiderwort are considered weeds in all cultures in the world. Besides harming crops, the spiderwort also infest farms and vacant lots across the country. Difficulties in control of *Commelina benghalensis* with existing herbicides are observed in the field, so this study aimed to assess the control of *C. benghalensis*, after application of herbicides in five stages. The plants were grown in pots containing 2 L Bioplant substrate and soil being maintained throughout the experiment in a greenhouse of the Paulista State University "Julio Mesquita Filho" - Faculty of Engineering. The experimental design was completely randomized with four replications in factorial 8 x 5, so 7 herbicides in recommended commercial rates (atrazine, carfentrazone, flumioxazin, glyphosate, metanoarseniato ácido monossodico (MSMA),, nicosulfuron, paraquat and a control applied 5 in phenological stages adjusted the BBCH scale (two true leaves or leaf cartridge not distended - BBCH 11, three true leaves or leaf cartridge not distended - BBCH 12; First stem visible side - BBCH 21; Two visible side stems - BBCH 22 and early flowering, with twenty tillers - BBCH 51). It was observed that the growth stage of the plants affects the efficiency of chemical control. Plants in the early stages of development (BBCH 11 and 12) were more susceptible to herbicides, however occurring control in its entirety only with atrazine herbicides, carfentrazone, MSMA and paraquat. Despite suffering heavy injuries *C. beghalensis* have tolerance compared of another treatments.

Keywords: Spiderwort. Phenological stage. Tolerance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
2 REVISÃO DE LITERATURA 11
2.1 Trapoeraba 11
2.2 Controle químico de plantas daninhas 12
2.2.1 Atrazina *13*
2.2.2 Carfentrazone *13*
2.2.3 Flumioxazin *14*
2.2.4 Glyphosate *14*
2.2.5 Metanoarseniato ácido monossodico (MSMA) *15*
2.2.6 Nicosulfuron *15*
2.2.7 Paraquat *16*
2.3 Tolerância de plantas infestantes à herbicidas 16
2.4 Taxa de transporte de elétrons - ETR 17
3 MATERIAL E MÉTODOS 19
3.1 Localização da área experimental 19
3.2 Delineamento experimental e tratamentos 19
3.3 Avaliações 20
3.4 Análise estatística 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
5 CONCLUSÕES 42
REFERÊNCIAS 43

1 INTRODUÇÃO

O controle das plantas daninhas é de muita importância, visto que estas interferem na produtividade das culturas interferindo através de efeitos alelopáticos negativos e por competir por nutrientes, água e luz ocasionando assim significativas perdas na produtividade, tornando o controle indispensável.

Algumas plantas daninhas são difíceis de controlar por apresentarem certa tolerância a alguns herbicidas, como é o caso da trapoeraba (*Commelina benghalensis*), que devido ao uso frequente do herbicida glyphosate tem selecionado populações, sendo esta seleção associada a tolerância dessa espécie às aplicações desse herbicida (DIAS et al., 2013).

A atuação diferencial dos herbicidas nas plantas pode ser uma das causas da seletividade dessas plantas, o que acontece basicamente porque estas diferem quanto a fatores relacionados à absorção, translocação e metabolismo (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN, 2001).

A seletividade é analisada através dos índices de fitotoxicidade demonstrados pela cultura, de forma que, quanto menor o índice mais seletivo é o herbicida. A análise da fitotoxicidade é baseada em redução da biomassa e/ou em alterações na coloração das plantas da cultura comparadas com as plantas da testemunha.

As espécies de trapoerabas mais comuns e de maior interesse agrícola no Brasil são: *Commelina benghalensis, Commelina villosa, Commelina diffusa e Commelina erecta* (PENCKOWSKI; ROCHA, 2006). O controle da trapoeraba está sendo visto com um problema diante dos agricultores, visto que o controle mecânico é ineficiente, e com exceção do 2,4 –D, o controle químico de espécies do gênero *Commelina* na fase adulta tem sido ineficaz (RONCHI et al., 2002a).

Uma das condições necessárias para melhor atuação de um herbicida é que ele alcance o local de ação na planta em concentração suficiente para que ocorra o controle. De acordo com Cortez (2000) o local de ação pode estar situado longe do local de absorção, havendo a necessidade de translocação desse herbicida. Desta forma, a deficiência de movimentação do herbicida na planta pode ser a causa de tolerância em inúmeras culturas e plantas daninhas (DIAS, 2004).

Dentre as maneiras de se verificar a intoxicação nas plantas, causada pela aplicação de herbicidas, tem-se análise de biomassa de parte aérea e o comportamento fotossintético. Com esse aparelho é possível registrar a fluorescência que o aparato fotossintético da planta emite durante a fase inicial da fotossíntese nos cloroplastos, relacionado diretamente com funcionamento adequado da planta. A taxa de transporte de elétrons (ETR) é um parâmetro

fornecido pelo aparelho que permite avaliar o comportamento da eficiência fotossintética do fotossistema II das plantas após a aplicação de herbicidas (ARALDI, et al. 2010a).

Portanto, diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de *C. benghalensis*, verificando seu comportamento morfo-fisiológico após a aplicação de diferentes herbicidas em cinco estádios fenológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Trapoeraba

Pertencentes à família Commelinaceae, as trapoerabas são plantas daninhas de difícil controle em diferentes regiões do país (ROCHA et al., 2000). Quando ocorrem em área agrícola elas concorrem com as culturas por nutrientes, água e luz causando prejuízos econômicos consideráveis para o agricultor. Além de competição, essas plantas podem dificultar a colheita de grãos por possuírem um alto teor de água no caule, além de prejudicarem o pleno desenvolvimento das lavouras por estas serem hospedeiras de insetos que afetam diretamente a cultura (PENCKOWSKI ; ROCHA, 2006).

A família Commelinaceae apresenta entre 40 e 50 gêneros, com cerca de 700 espécies. A distribuição natural se estende por regiões tropicais e subtropicais das américas, África, Ásia e Austrália. As espécies infestantes no Brasil concentram-se em 4 gêneros: *Commelina, Tradescantia, Tripogandra e Murdannia* (KISSMANN, 1997) sendo a de maior importância as *Commelinas*.

As espécies pertencentes ao gênero *Commelina*, são plantas perenes, herbáceas, tenras e suculentas, e semi prostradas capazes de cobrir intensamente a superfície do solo (KISSMANN, 1997; LORENZI, 2006) A espécie C. *benghalensis* apresenta folhas levemente pubescentes, de 6-12 cm de comprimento, e sua reprodução principalmente por sementes (LORENZI, 2006). Se deixado alguns ramos sobre o solo ou enterrados a pequena profundidade pode ocorrer o reestabelecimento da cultura (KISSMANN, 1997), o que torna uma planta muito resistente aos métodos de controle mecânicos.

Apesar do desenvolvimento ser maior em solos leves e ricos e em condições de boa umidade a *C. benghalensis* quando bem estabelecida, suportam longos períodos de estresse hídrico. E apesar de seu desenvolvimento vegetativo ser alto com luminosidade, na ausência do mesmo a planta continua seu desenvolvimento, porém um pouco mais lento (KISSMANN, 1997).

Uma característica peculiar apresentada pela *C. Benghalensis* é a reprodução por sementes formadas nos rizomas, que se dá a partir de flores modificadas que ocorrem nos rizomas subterrâneos. Formam-se então frutos por partenocarpia e logo a formação das verdadeiras sementes, capazes de germinar desde uma profundidade de 12 cm, em contrapartida das sementes aéreas que não germinam a uma profundidade superior a 2 cm (KISSMANN, 1997).

Para a família Commelinaceae, Wilson (1981) afirma que a dificuldade de controle pode ser atribuída ao duplo mecanismo de reprodução que elas apresentam: por sementes e por enraizamento dos nós. Já segundo De La Vega et al. (2010), a dificuldade de controle das espécies trapoeraba, está ligada diretamente à fase de desenvolvimento da planta daninha.

Além do dano direto (competição), há também o dano indireto, que as *Commelinas* podem causar: *C. benghalensis* é reservatório do nematoide *Meloidogyne incognita* e do vírus do amendoim; *C. diffusa* é hospedeiro alternativo de *Cuscuta filiformis* L. e do *M. arenaria*, assim como do vírus do mosaico do pepino (BLANCO, 2010).

De acordo com o esquema proposto por Bleasdale (1960) e adaptado por Pitelli (1985), o grau de interferência entre plantas infestantes e culturas agrícolas depende de fatores ligados à própria cultura (espécie, espaçamento e densidade de plantio), à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), às condições específicas em que ocorre a associação cultura/comunidade infestante, principalmente condições edafoclimáticas e de tratos culturais e, finalmente, depende também da época e extensão do período em que houve a associação.

O entendimento da biologia de plantas daninhas contribui significativamente para a utilização de estratégias racionais de manejo das plantas na agricultura (DIAS et al., 2009).

Após estudo da influência das diferenças entre caracteres anatômicos da folha e do caule de *C. benghalensis* e de *C. diffusa* sobre o efeito do glyphosate, Santos et al (2002) verificaram que as características anatômicas e morfológicas das duas espécies podem estar envolvidas na ineficiência do herbicida glyphosate.

2.2 Controle químico de plantas daninhas

Os herbicidas atuam sobre sistemas enzimáticos ou proteínas específicas das plantas alterando sua funcionalidade. Desta forma o uso de herbicidas deve promover a paralização do crescimento ou morte das plantas, portanto a rota que atuam os herbicidas deve ser fundamental para o crescimento e desenvolvimento vegetal (MESCHEDE et al., 2008).

O metabolismo dos herbicidas nas plantas ocorre nas seguintes fases: A fase I (transformação) é caracterizada pela alteração na estrutura química do herbicida, causada por reações de oxidação, redução e hidrólise. Na fase II (conjugação) muitos herbicidas são rapidamente conjugados ao açúcar por ponte glicosídica. Esse processo é catalisado pela glicosiltransferase. Os herbicidas podem ser também conjugados a glutationa pela glutationa-Stransferase, resultando, assim, em conjugados menos fitotóxicos e mais solúveis em água. Na fase III (compartimentalização) ocorre o transporte do herbicida para dentro do vacúolo ou

matriz extracelular, e na fase IV há o processamento completo desses compostos (MONQUERO et al., 2004).

O controle mecânico é ineficiente devido à facilidade de propagação vegetativa da espécie, no entanto apesar do controle químico ser o mais utilizado no controle de plantas infestantes, ele pode ser limitado, uma vez que a maioria dos herbicidas têm se mostrado ineficazes, em aplicação única, para o controle de espécies do gênero *Commelina* na fase adulta, com exceção do 2,4-D (RONCHI et al., 2002a).

A aplicação de herbicidas para controlar as diferentes espécies de trapoeraba pode não inibir o seu desenvolvimento ou inibi-lo parcialmente, o que poderá significar prejuízos ao agricultor, como elevação dos custos e redução da produção (RODRIGUES et al., 2010).

O controle químico, segundo estudo realizado por Rocha et al. (2007), respondeu de forma diferente dependendo da espécie, sendo que a *C. benghalensis* apresentou-se mais susceptível aos tratamentos testados, quando comparada à *C. erecta*.

Um fator observado em campo é em relação a aplicação dos produtos. Segundos Rodrigues et al. (2010), as inúmeras falhas no controle químico das trapoerabas podem estar relacionadas a erros na aplicação dos produtos: a calda pulverizada pode não estar atingindo as plantas de forma adequada, com uma boa deposição das gotas sobre suas folhas

2.2.1 Atrazina

Classificado como sistêmico, a atrazina (2-cloro-4-etilenodiamino-6 isopropilamino-striazina) é um herbicida seletivo utilizado no controle de ervas daninhas, principalmente em culturas de milho e cana-de-açúcar. É indicado no controle pré e pós emergente de ervas de folhas largas (JAVARONI et al, 1990) demonstrando ser um herbicida eficaz quando aplicado isoladamente segundo estudos de Fornarolli et al. (1999) e Maciel et al. (2002).

Pertencente ao grupo das triazinas, agem inibindo o fotossistema II (FSII) ligando-se à proteína D1, no sítio onde se acopla a plastoquinona "Qb". A molécula herbicida compete com a plastoquinona "Qb", parcialmente reduzida (QbH) pelo sítio na proteína D1, ocasionando sua saída e interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (VARGAS, 2003).

2.2.2 Carfentrazone

O carfentrazone-ethyl é um herbicida do grupo químico das aril triazolinonas, cujo mecanismo de ação consiste na inibição da formação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), que participa na síntese da clorofila. Possui excelente controle de plantas daninhas dicotiledôneas e especialmente *C. benghalensis* e *Ipomoea grandifolia*, sendo

registrado no Brasil para as culturas de milho, soja, algodão, café e citros, (CORRÊA ; BORGES, 2000; OLIVEIRA JÚNIOR. et al., 2000; FMC corp. 2001). Este herbicida apresenta efeito residual no solo muito curto, baixo potencial de deriva e baixa toxicidade (OLIVEIRA JÚNIOR. et al., 2000).

A inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), ocasionada devido a aplicação de herbicidas resulta no acúmulo de protoporfirinogênio IX (PPIX) no citoplasma (SHERMAN et al., 1991; DAYAN et al., 1997 citados por KARAM et al., 2004).

Em razão da presença de luz, que causa a morte das plantas devido a formação do oxigênio singleto pela PPIX, os sintomas de fitotoxidade podem ser obervados dentro de poucas horas após a aplicação do herbicida, levando a morte em até uma semana. (DEVINE et al., 1993; DAYLAN et al., 1997)

2.2.3 Flumioxazin

Destinado ao controle de plantas infestantes da cultura de batata, cana-de-açúcar, milho, cebola, citros, alho, algodão, café, feijão, soja, em solos leve, médio e pesado, o flumioxazin trata-se de um herbicida seletivo, não sistêmico para aplicação em pré e pós emergência. Possui translocação baixa ou mesmo ausente, dentro das folhas o que exige a aplicação com boa cobertura foliar (RIZZARDI et al., 2004).

Seu mecanismo de ação inibe a atuação da enzima protoporfirinogênio oxidase, que atua na oxidação de protoporfirinogênio a protoporfirina IX (precursores da clorofila), logo ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, que se difunde para fora do centro reativo, em que acontece uma oxidação não enzimática do mesmo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Ocorre, então, a interação entre o oxigênio e luz para levar o oxigênio ao estado singlet. Esse radical livre, altamente reativo, provoca a peroxidação dos lipídeos das membranas, levando a célula à morte (BECERRIL; DUKE, 1989).

Os primeiros sintomas a surgirem após a aplicação aparecem como machas verde-escuras nas folhas, progredindo para necrose, morrendo em dois ou três dias no entanto para que se obtenha melhores resultados é necessário considerar o estádio de desenvolvimento das plantas sendo a melhor resposta quando aplicado em plantas com 2-6 folhas (CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2008).

2.2.4 Glyphosate

O glyphosate atua na enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato 3- fosfato sintase, E.C. 2.5.1.19) na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos e do ácido chiquimico. É um herbicida sistêmico, não seletivo e de amplo espectro, com translocação via simplasto e com

absorção facilitada por proteínas transportadoras de grupos fosfato, que estão presentes na membrana (VELINI et al., 2009).

A inibição da EPSPs leva ao acúmulo de altos níveis de chiquimato nos vacúolos o que é exacerbado pela perda de controle de realimentação e pelo fluxo desregulado de carbono na rota (MESCHEDE et al., 2008).

O glyphosate é um herbicida não é seletivo, exceto para culturas geneticamente modificadas; possui ação sistêmica; não tem atividade residual no solo; e pode ser utilizado no controle de plantas daninhas anuais e perenes, bem como para dessecação, principalmente nas áreas de plantio direto e no manejo de plantas daninhas na linha de culturas perenes (RODRIGUES ; ALMEIDA, 2011).

Segundo Santos et al. (2001), nas áreas onde é utilizado o herbicida glyphosate, a população de espécies do gênero *Commelina* tem aumentado devido a tolerância a aplicação deste herbicida.

2.2.5 Metanoarseniato ácido monossodico (MSMA)

O herbicida MSMA (metanoarseniato ácido monossodico) é um representante dos inibidores da fosforilação oxidativa. Pertence ao grupo dos arsenicais orgânicos, sendo um ácido fraco, com pKa de 4,10 e 9,02, e solubilidade em água a 25 ºC de 1.040.000 mg L^{-1} (VENCIL, 2002). Seu mecanismo de ação é de peroxidação dos lipídeos. O herbicida é oxidado através da fosforilação oxidativa dos transportadores de elétrons no processo respiratório da planta (CHRISTOFFOLETI et al., 2001). Rodrigues e Almeida (1998) presumiram que o produto ocasione o aumento na concentração dos aminoácidos e/ou utilização acelerada de amido nos órgãos de reserva.

É recomendado para o controle de gramíneas e folhas largas, considerado um herbicida de largo espectro. Após a aplicação em plantas suscetíveis causa clorose gradual com desidratação da mesma (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

2.2.6 Nicosulfuron

O mecanismo de ação deste herbicida é a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), enzima que tem como função a catalisação da primeira reação na produção dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina. Vários grupos químicos apresentam como mecanismo de ação a inibição desta enzima, dentre os quais destacam-se: sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopyrimidinas e pirimidil thiobenzoatos (EBERLEIN et al., 1997). O nicosulfuron faz parte do grupo das sulfoniluréias.

A susceptibilidade diferencial foi verificada em espécies pertencentes ao gênero Commelina (PENCKOWSKI, 2006), portanto faz-se necessária a identificação sobre qual a espécie em questão visto que foi constatada susceptibilidade diferencial entre espécies pertencentes ao mesmo gênero (NICOLAI et al., 2006).

2.2.7 Paraquat

O herbicida paraquat (1,1'-dimetil- 4,4'bipiridilio íon (dicloreto)), pertence ao grupo químico dos bipiridílios, e caracteriza-se por ter modo de ação de contato e atuar como inibidor do Fotossistema I; sendo recomendado para pulverizações em jato dirigido e área total para sistemas de plantio direto, na dessecação das plantas daninhas . Sua absorção ocorre pelas folhas ou tecidos verdes, sendo absorvido quase que imediatamente após sua aplicação, possuindo baixa translocação devido a eliminação do órgão de translocação (RODRIGUES ; ALMEIDA, 2011).

O paraquat é uma molécula aceptora de elétrons, levando plantas que ficam expostas a luz a sérios prejuízos fisiológicos, com depleção de NADPH e inibição da fixação de CO2, com consequente produção de superóxidos, os quais promovem a destruição de membranas (MARTINS, 2013).

Sintomas como clorose intensa e necrose de tecido ainda nos primeiros dias após a aplicação são visíveis em plantas, além de médias de clorofila e carotenoides menores que aqueles das plantas controle (CATUNDA et al., 2005).

2.3 Tolerância de plantas infestantes à herbicidas

A compreensão da dinâmica das espécies de plantas daninhas do gênero *Commelina* e dos mecanismos de tolerância a algumas classes de herbicidas recomendados, auxiliam na recomendação de manejo de plantas daninhas, evitando ou retardando uma pressão de seleção especifica de espécies deste gênero, evitando assim a seleção de plantas que apresentam maior tolerância.

A medida que se utilizam sucessivamente os mesmos herbicidas ou herbicidas diferentes, mas com mesmo mecanismo de ação, pode ocorrer a seleção de biótipos resistentes ou espécies que apresentem tolerância ao produto utilizado (MONQUERO et al, 2005).

Diferente da resistência, a tolerância de plantas daninhas pode ser compreendida, capacidade inata da espécie em suportar aplicações de herbicidas, nas doses recomendadas, sem que este cause alterações significativas em seu crescimento e/ou desenvolvimento (DIAS, 2004). É uma característica que existe na planta antes mesmo da primeira aplicação do herbicida naquela área que leva à seleção natural das plantas daninhas aí existentes sobre as

quais o produto tiver efeito reduzido (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2004). Em contrapartida está a suscetibilidade da planta, onde há alterações com efeitos marcantes no crescimento e desenvolvimento da planta, como resultado de sua incapacidade de suportar a ação do herbicida, neste caso também sendo uma característica inata da espécie (CHRISTOFFOLETI et al., 2000).

Segundo Christoffoleti e López-Ovejero (2004), um método simples que auxilia na diferenciação entre resistência e tolerância é verificar a própria presença do biótipo suscetível, ou seja, se há um biótipo suscetível com pronunciada diferença de C 50 ou GR50 é resistência, se não há é tolerância. Os biótipos apresentam níveis diversos de resistência, de modo que esses níveis podem ser quantificados mediante a C50 ou GR50 (dose do herbicida em g i.a. ha-1 necessária para proporcionar 50% de controle – 'C' ou redução do crescimento – 'GR' da planta daninha) (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2004).

Espécies de difícil controle vem sendo selecionadas devido ao sucessivo uso do glyphosate nas culturas, como erva-quente (*Spermacoce latifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), poaia (*Richardia brasiliensis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-viola (*Ipomeoa grandifolia*) e buva (*Conyza spp*.) (TAKANO et al., 2013).

Dias et al. (2013) estudando a tolerância da trapoeraba ao herbicida glyphosate, concluíram que o estádio de desenvolvimento da trapoeraba contribui significativamente para o grau de tolerância da espécie ao herbicida.

2.4 Taxa de transporte de elétrons - ETR

Para a análise da fluorescência são utilizados fluorômetros de luz modulada (Schreiber et al., 1996), cujas aplicações variam desde a rápida identificação de injúrias causadas ao aparelho fotossintético, até a análise detalhada da alteração da capacidade fotossintética da planta, tendo como uma das grandes vantagens do uso deste método o fato de a medição não ser destrutiva, sendo possível de se realizar tanto em laboratório quanto em campo (CATUNDA et al, 2005).

Sendo um método rápido e não agressivo, a mensuração de fluorescência é muito utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada por estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas possam passar (SILVA et al, 2009).

A fluorescência é uma luz emitida e exibe um ponto máximo de emissão na faixa de 682 nm e outro ponto menos pronunciado em 740 nm, quando em temperatura ambiente (temperatura fisiológica, 20 a 250 C) (KRAUSE; WEIS, 1984).

Alterações nas taxas fotossintéticas e na dissipação de calor causará alterações complementares na emissão da fluorescência, visto que os três processos de dissipação da energia luminosa pelas moléculas de clorofilas: Dissipação fotoquímica (Ph), Fluorescência (F), Dissipação não Fotoquímica (D), são competitivos. Portanto, alterações na fluorescência podem mostrar a ausência ou presença de comprometimentos no processo fotossintético (CAMPOSTRINE, 2001). A maneira mais adequada de obter informações a partir da emissão da fluorescência, de acordo com Campostrine (2011), é por meio de interpretações da cinética de emissão da fluorescência com o tempo.

Quando ocorre a absorção da luz por pigmentos do complexo antena, estes que ao excitarem os elétrons, transferem energia para os centros de reação dos fotossistemas II e I, tem se fase de transporte de elétrons durante a fotossíntese nas plantas segundo Young e Frank (1996).

De acordo com Maxwell e Johnson (2000), uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas de plantas sob aplicação de herbicida, que pode ser observada ainda em folhas intactas, é a fluorescência da clorofila, dado que quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência (KRAUSE; WINTER, 1996), portanto a redução na dissipação da energia pelo processo fotoquímico é refletida por incremento correspondente na fluorescência ou seja, quando ocorre o bloqueio no transporte de elétrons, enfatizando-se para ação de herbicidas, um incremento proporcional na energia excitada absorvida é reemitida como fluorescência (ARALDI, 2010b).

Em trabalho realizado, Ropaldi et al. (2011) verificaram uma redução de 50% do ETR às 72 horas após aplicação de glyphosate e a inibição ocorreu após 168 horas da aplicação. Ropaldi et al. (2011) afirma que a redução instantânea do ETR ocorre normalmente para herbicidas inibidores da fotossíntese. Araldi et al. (2012) constataram em um estudo de aplicação de amicarbazone em *Ipomoea triloba* que com apenas uma hora após realizada a aplicação ocorreu uma redução do transporte de elétrons em 70%, representado pelo valor do ETR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da 'Universidade Estadual Paulista'. O campus da Faculdade fica situado no município de Ilha Solteira/SP. O tipo climático da região é Aw, segundo a classificação de Koeppen, caracteriza-se como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,1ºC, precipitação média anual de 1370 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos resultaram de esquema fatorial 8 x 5, em que 8 foram 7 diferentes herbicidas e uma testemunha e 5 foram os estádios fenológicos da trapoeraba ajustados à escala BBCH.

As plantas foram submetidas a 8 tratamentos: 1) glyphosate (1920 g i. a. ha^{-1}); 2) carfentrazone ethyl (20 g i. a. ha^{-1}); 3) paraquat (400 g i. a. ha^{-1}; 4) nicosulfuron (40 g i. a. ha^{-1}); 5) MSMA (2370 g i. a. L ha^{-1}); 6) flumioxazina (25 g i.a. ha-1); 7) atrazina (2500 g i.a. ha^{-1}); e 8) Testemunha. As aplicações dos tratamentos foram realizadas utilizando-se pulverizador costal com pressão constante (CO_2) de 40 lb/pol^2, provido de tanque com capacidade de dois litros (garrafas descartáveis).

Os estádios fenológicos registrados no momento das aplicações foram: Duas folhas verdadeiras ou cartucho foliar não distendido – BBCH 11; três folhas verdadeiras ou cartucho foliar não distendido – BBCH 12; Primeiro caule lateral visível – BBCH 21; Dois caules laterais visíveis – BBCH 22 e início de florescimento – BBCH 51 (HESS et al., 1997).

As sementes da planta daninha foram adquiridas na Cosmos Agrícola Produção e Serviços Ltda. Elas foram acondicionadas em saco de papel, em local seco, à temperatura ambiente, até a instalação do experimento.

Antes da semeadura as sementes foram escarificadas através da pressão de um tijolo sobre uma superfície dura, afim de quebrar a sua dormência. Após feita a escarificação das sementes, estas foram semeadas a 1 cm de profundidade em vasos de plástico preto de 2 L contendo substrato Bioplant (casca de pinus + fibra de coco) e solo na proporção 1:1, sendo irrigadas uma vez ao dia durante toda condução do experimento. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2013).

Após 14 dias da germinação das plantas foi realizado o desbaste mantendo 4 plantas por vaso.

3.3 Avaliações

As avaliações realizadas para as plantas daninhas foram análise de altura, quantificação de biomassa seca da parte aérea e raíz e taxa de transporte de elétrons.

A altura das plantas foi verificada dois meses após a aplicação dos herbicidas. Para a análise da altura foi selecionada a maior haste e medido do colo da planta até a inserção da última folha.

A quantificação de massa seca, foi realizada a partir do corte das plantas na base do caule, em seguida foram acondicionadas em sacos de papel, e posteriormente submetidas a secagem em estufa a 65 º C até massa constante.

Após retirada a parte aérea, foi realizada a quantificação de raíz, onde primeiramente foi realizado o peneiramento do solo com as raízes. Livre do excesso de substrato e solo, as raízes foram lavadas em peneiras de menor diâmetro, em seguida foram submersas em proveta com água, para mensuração do volume de raíz. Após obter-se o volume, foi retirado o excesso de água das raízes, acondicionadas em sacos de papel e também submetidas a secagem em estufa a 65ºC até atingirem massa constante.

As avaliações da taxa de transporte de elétrons para as espécies de plantas daninhas foram realizadas por um fluorômetro portátil (OptiSciences - Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p) (Figura 1), em diferentes períodos de tempo após a aplicação do herbicida. Quanto às plantas daninhas, os intervalos avaliados foram: antes da aplicação (T0), 1h (T1), 3h (T2), 18h (T3), 24h (T4), 48h (T5), 72h (T6), 96 (T7), 168h (T8), 336h (T9) e 672h (T10) horas após a aplicação, sendo realizada a leitura na última folha desdobrada. Nas plantas com mais ramificações foi medida a última folha desdobrada da maior ramificação da planta, esta muito bem identificada para a realização das demais leituras. Os valores são apresentados em µMols elétrons m^{-2} s^{-1}.

Figura 1 - Fluorômetro portátil utilizado na mensuração do ETR (A) e leitura realizada (B).

(A) (B)

3.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a aplicação do Teste F na análise de variância para efeito de tratamentos, utilizando o Teste de Tukey para comparação de médias a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao verificar a análise de variância observou-se que houve efeito significativo ($p<0,01$) dos fatores herbicidas, estádios fenológicos e a interação entre ambos sobre as variáveis altura de plantas, biomassa seca de parte aérea, biomassa de raíz e volume de raíz (Tabela 1). A interação entre os fatores herbicidas e estádios foi significativa para todas a características morfológicas estudadas. Os valores do coeficiente de variação oscilaram de 42,6 % a 72,09%, considerado muito alto segundo classificação de Pimentel Gomes (1985) para ensaios agrícolas. Isso possivelmente ocorreu em razão dos diferentes herbicidas avaliados ocasionar ou não a morte das plantas de *C. benghalensis* nos diferentes estádios fenológicos.

Tabela 1 - Análise de variância com valores dos quadrados médios (QM), erro e coeficiente de variação (CV) para dados de altura de planta (AP), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raíz (BSR) e volume de raíz (VR) em função dos herbicidas aplicados em diferentes estádios fenológicos. Ilha Solteira, 2015.

FV	GL	AP	BSPA	BSR	VR
Herbicidas (H)	7	2268**	49**	11**	579**
Estádios (E)	4	2215**	35**	20**	1204**
H x E	28	66**	19**	2**	90**
Erro	120	28	5	1	29
CV (%)	-----	42,6	59,5	72,09	48,52

FV: fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; ^{ns} e **: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

No desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos em relação a altura de plantas, verifica-se que nos estádios 22 e 51 não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 2), o que demonstra que nenhum tratamento foi eficiente em reduzir o crescimento de *C. benghalensis* quando aplicado nestes estádios. O que sugere que o estádio de desenvolvimento da planta ocasionou esses resultados, visto que herbicidas podem apresentar diferentes níveis de controle de plantas daninhas, em função do estádio de desenvolvimento, dose do herbicida e condições de aplicação e de ambiente (FLECK et al., 2008). Os herbicidas atrazina, carfentrazone, glyphosate, MSMA, paraquat quando aplicados nos estádios 11 e 12 ocasionaram os menores valores para a altura de plantas de *C. benghalensis*, revelando eficácia no controle desta planta daninha. Entretanto, para a aplicação no estádio 21 apenas o carfentrazone e paraquat foram eficientes em reduzir o crescimento de *C. benghalensis*.

Para o desdobramento estádios fenológicos dentro de herbicidas, verifica-se que com exceção dos herbicidas carfentrazone e paraquat, todos os demais herbicidas reduziram o crescimento de *C. benghalensis* quando aplicados nos estádios 11 e 12. Apesar de haver

diferença estatística nos estádios 21, 22 e 51, foi verificado que no florescimento de plantas (estádio 51) a ação dos herbicidas no crescimento de plantas apresentou menor eficiência, reiterando a hipótese de que a aplicação em diferentes estádios fenológicos influencia o controle de plantas daninhas.

Tabela 2 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para altura de plantas de *Commelina benghalensis.* Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
		cm			
Atrazina	0,00 bB	0,00 bB	11,88 abA	14,03 aA	21,15 aA
Carfentrazone	0,00 bC	0,00 bC	5,50 bBC	15,24 aAB	22,72 aA
Flumioxazin	9,19 abB	1,44 bB	22,90 aA	24,22 aA	20,19 aA
Glyphosate	0,53 bB	0,00 bB	14,36 abA	19,13 aA	23,50 aA
MSMA	1,00 bB	0,00 bB	15,83 abA	20,37 aA	19,61 aA
Nicosulfuron	5,38 abC	7,69 bBC	20,62 aA	17,21 aAB	25,03 aA
Paraquat	0,00 bC	0,00 bC	8,15 bBC	17,94 aAB	19,23 aA
Testemunha	16,01 aA	19,63 aA	14,71 abA	21,52 aA	21,90 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à biomassa seca da parte aérea das plantas, para o desdobramento de herbicidas dentro de estádios fenológicos foi observado que nos últimos estádios analisados (estádios 21, 22 e 51) não houve diferença entre os herbicidas utilizados (Tabela 3). Nos estádios 11 e 12 os herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat ocasionaram 100% de morte de plantas, enquanto o glifosato obteve o menor controle.

Para o desdobramento de estádios fenológicos dentro de herbicidas, os herbicidas carfentrazone e flumioxazin não diferiram entre os estádios analisados, sendo o carfentrazone o único herbicida que foi capaz de atingir resultados satisfatórios em todos os estádios (Tabela 3). Para os demais herbicidas, as menores médias encontradas foram nas aplicações realizadas nos estádios 11 e 12.

Foi constatado nos estádios 11, 12 e 22 um acúmulo de biomassa seca superior ao da testemunha no tratamento com glyphosate, sugerindo-se um estímulo de crescimento ocasionado pelo herbicida. O mesmo ocorreu com Rocha et al. (2007), em estudo verificaram em *C. erecta* tratadas com glyphosate isolado que as plantas tenderam a acumular mais biomassa que a testemunha, constatando também que houve estímulo de crescimento.

Apesar dos herbicidas não apresentarem diferenças estatísticas quando aplicados nos estádios 21, 22 e 51, um acúmulo de biomassa seca também foi verificado no tratamento

paraquat no estádio 21, com atrazina, MSMA e nicolsulfuron no estádio 22, e com flumioxazin nos estádios 22 e 51.

Tabela 3 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para biomassa seca da parte aérea de *Commelina benghalensis.* Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
		g			
Atrazina	0,00 cB	0,00 cB	5,69 aA	4,43 aA	2,10 aA
Carfentrazone	0,00 cA	0,00 cA	3,62 aA	3,24 aA	2,86 aA
Flumioxazin	4,71 abcA	2,40 cA	3,23 aA	6,38 aA	4,78 aA
Glyphosate	8,64 aAB	10,28 aA	4,09 aC	4,47 aBC	4,22 aC
MSMA	0,00 cB	0,00 cB	3,84 aAB	5,08 aA	3,10 aAB
Nicosulfuron	2,07 bcB	4,62 bcAB	6,51 aA	4,05 aAB	2,14 aB
Paraquat	0,00 cB	0,00 cB	6,92 aA	5,36 aA	3,90 aAB
Testemunha	5,34 abA	7,33 abA	6,68 aA	3,63 aA	4,43 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos para a biomassa de raiz (Tabela 4), os herbicidas não apresentaram diferença nos estádios 11 e 51. Já no estádio 22 todos apresentaram médias inferiores em relação à testemunha. No estádio 21, com exceção do nicosulfuron, os herbicidas influenciaram o crescimento das raízes, sendo esta inibição mais expressiva nos tratamentos com carfentrazone, MSMA e paraquat, Provavelmente essa expressão pode ser explicada como consequência do mecanimo de ação dos herbicidas, de modo que o MSMA causa desidratação das plantas suscetíveis (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998), o paraquat causa destruição das membranas (MARTINS, 2013) e o carfentrazone promove a peroxidação lipídica e ruptura das membranas celulares e posteriormente a morte da célula (CHRISTOFFOLETI et al, 2006.). Os tratamentos atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat apresentaram diferença em relação à testemunha no estádio 12, apresentando morte do sistema radicular.

Quando analisado o desdobramento estádios fenológicos dentro de herbicidas, constatou-se que o paraquat e o glyphosate não apresentaram diferenças em relação ao estádio de aplicação. Com exceção dos herbicidas flumioxazin e nicosulfuron, os demais apresentaram eficácia superior em relação à aplicação no florescimento.

Tabela 4 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para biomassa seca da raíz de *Commelina benghalensis.* Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
			g		
Atrazina	0,00 aB	0,00 bB	1,05 bcB	1,00 bB	3,16 aA
Carfentrazone	0,00 aB	0,00 bB	0,60 cAB	1,40 bAB	2,22 aA
Flumioxazin	1,00 aAB	0,30 abB	1,46 bcAB	2,60 bA	1,65 aAB
Glyphosate	0,75 aA	0,59 abA	1,30 bcA	1,73 bA	1,93 aA
MSMA	0,00 aB	0,00 bB	0,86 cAB	1,25 bAB	2,17 aA
Nicosulfuron	0,70 aB	1,07 abB	2,98 abA	1,50 bAB	1,23 aAB
Paraquat	0,00 aA	0,00 bA	0,60 cA	1,50 bA	1,25 aA
Testemunha	0,92 aB	2,30 aB	4,96 aA	4,75 aA	2,14 aB

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em se tratando de volume de raíz para o desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos, no estádio 11 não houve diferença entre os tratamentos, e no estádio 12 os tratamentos diferiram a testemunha (Tabela 5). As maiores médias foram encontradas quando aplicados os tratamentos nos estádios mais avançados da *C. benghalensis.*

Para o desdobramento estádios fenológicos dentro de herbicidas, todos os herbicidas apesentaram diferenças entre os estádios fenológicos.

Tabela 5 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para volume de raíz de *Commelina benghalensis.* Ilha solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
			cm^3		
Atrazina	0,00 aC	0,00 bC	8,00 bBC	10,25 bcB	23,00 aA
Carfentrazone	0,00 aB	0,00 bB	B 5,25 bB	6,50 cB	18,75 abA
Flumioxazin	7,50 aBC	4,75 bC	12,50 bABC	19,50 bA	16,00 abAB
Glyphosate	7,00 aB	5,00 bB	13,75 bAB	15,00 bcAB	20,00 abA
MSMA	0,00 aB	0,00 bB	8,00 bAB	14,25 bcA	11,75 bA
Nicosulfuron	7,25 aB	10,50 bB	27,00 aA	15,00 bcB	16,00 abB
Paraquat	0,00 aB	0,00 bB	5,75 bAB	14,00 bcA	12,75 abA
Testemunha	8,75 aC	22,00 aB	26,25 ABa	34,25 aA	17,00 abBC

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Plantas em estádios iniciais de desenvolvimento respondem melhor ao controle químico, no entanto o herbicida utilizado também tem influência sobre o controle. Apesar da atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat apresentarem controle das plantas no estádio 11 e 12, foi verificada tolerância à dose aplicada nos demais estádios fenológicos.

Os herbicidas flumioxazin, glyphosate e nicosulfuron apresentaram tolerância à dose aplicada em todos estádios fenológicos, no entanto no estádio 11 e 12 houve interferência no desenvolvimento das plantas, porém não ocorrendo controle em sua totalidade.

O glyphosate apresentou clorose acentuadaa apenas nos estádios 11 e 12, nos demais estádios não houve sintomas de fitotoxidade. O nicosulfuron apresentou clorose e necrose (Figura 2) sete dias após aplicação em todos estádios.

Figura 2 - Fitotoxidade por nicosulfuron. Ilha Solteira, 2015

Fonte: Arquivo pessoal

O MSMA apresentou desde pequenos pontos cloróticos a necrose e quebra do ápice da planta , verificado em todos estádios fenológicos. O paraquat e carfentrazone agiram de forma semelhante, nos estádios 11 e 12 causaram murcha, seguida de clorose, secamento de folhas e posterior morte de plantas. Nos estádios 21 e 22 provocaram murcha, seguida de clorose e secamento de folhas, no entanto não ocorreu a morte das plantas, o mesmo ocorrendo no estádio 51.

A atrazina nos estádios 11 e 12 acarretou morte das plantas, em contrapartida nos demais estádios fenológicos houve apenas necrose das folhas (Figura 3) e posteriormente recuperação das mesmas. O flumioxazin provocou clorose e posterior secamento parcial das folhas em todos estádios, porém não acarretou morte das plantas (Figura 4).

Figura 3 – Necrose em folhas causada por atrazina. Ilha Solteira, 2015

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 4 - Fitotoxidade causada por flumioxazin. Ilha Solteira, 2015

Fonte: Arquivo pessoal

Quando aplicada a análise de variância nos tratamentos analisando-se o ETR, foi observado que não houve diferença significativa ($p<0,01$) dos fatores herbicidas sobre a

variável T0, ocorrendo o mesmo na interação dos herbicidas e estádios sobre as variáveis T0 e T1 (Tabela 6). Em todos os demais tempos houve interação significativa entre os fatores herbicidas x estádios de aplicação.

Os valores do coeficiente de variação apresentaram valores de 9,69 % a 59,59%, variando de coeficientes de variação baixos a muito altos de acordo com Pimentel Gomes (1985).

Taxa de transporte de elétrons baixas, sugerem um efeito maior do herbicida sobre a planta, visto que interfere na capacidade fotossintética da mesma. Quando o valor de ETR encontra-se elevado significa que a planta está em plena atividade fotossintética.

Tabela 6 - Análise de variância com valores dos quadrados médios (QM), erro e coeficiente de variação (CV) para ETR nos tempos antes da aplicação (T0), 1h (T1), 3h (T2), 18h (T3), 24h (T4), 48h (T5), 72h (T6), 96 (T7), 168h (T8), 336h (T9) e 672h (T10) horas após a aplicação, em função de manejo de herbicidas aplicados em diferentes estádios fenológicos. FEIS, UNESP, 2015

FV	GL	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Herbicidas (H)	7	448^{ns}	20044**	20862**	26468**	21749**	25264**	19157**	23139**	26654**	62649**	34606**
Estádios (E)	4	10127**	11051 **	19861**	48912**	32476**	21931**	5245**	14993**	5435**	4777**	45596**
H x E	28	500ns	454ns	971**	3027**	2366**	2575**	1783**	1587**	1202**	3848**	4949**
Erro	120	369	391	185	355	377	916	221	392	381	356	549
CV (%)	-----	20,61	19,25	11,21	24,27	33,67	59,59	43,68	40,48	47,84	36,09	38,51

FV: fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; ^{ns} e **: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Percebeu-se a diferença da ação dos herbicidas sobre o ETR na primeira hora após aplicação (Tabela 7). O herbicida atrazina apresentou uma diferença expressiva, talvez explicada devido seu modo de ação, inibição do fotossistema II, sugerindo o mesmo para o herbicida paraquat, inibidor do fotossistema I, que apresentou um valor reduzido comparativamente com os demais tratamentos.

A partir dos valores encontrados nos estádios fenológicos antes da aplicação de herbicidas, pode-se verificar que a existência de diferença no ETR de acordo com o estádio de desenvolvimento que a planta encontra-se. Demonstrando desta forma que em estádios iniciais de desenvolvimento as plantas apresentam maior ETR, comportando-se de forma decrescente conforme atinge estádios de fenológicos superiores. De acordo com Campostrine (2001), a estação de crescimento influencia a fotossíntese e, por sua vez, a emissão da fluorescência, podendo também influenciar nos resultados a hora do dia em que se coleta uma amostra e/ou o horário de medição, contudo as medições no T0 foram todas realizadas no período da tarde.

Tabela 7 - Médias dos valores de ETR para o fator herbicida no T1 e para o fator estádio no T0 e T1.

TRATAMENTOS	**ETR** μ**Mols elétrons** m^{-2} s^{-1}	
	T1	
Atrazina	38,50 e	
Carfentrazone	115,55 abc	
Flumioxazin	125,50 ab	
Glyphosate	106,95 c	
MSMA	126,50 a	
Nicosulfuron	109,15 bc	
Paraquat	71,65 d	
Testemunha	127,80 a	
	T0	**T1**
BBCH 11	108,02 c	125,43 b
BBCH 12	103,90 bc	119,78 b
BBCH 21	91,43 b	84,25 a
BBCH 22	99,08 b	92,46 a
BBCH 51	63,30 a	91,40 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos 3 horas após a aplicação os herbicidas carfenrazone, flumioxazin, glyphosate e MSMA não apresentaram diferença em relação à testemunha em nenhum estádio fenológico (Tabela 8). Dentro do

estádio 51 o herbicida atrazina maior redução do ETR, diferindo-se dos demais tratamentos. Semelhante ao estádio 51, a atrazina apresentou o menor valor numérico de ETR, porém não diferindo-se do paraquat, o mesmo ocorrendo no estádio 11 e 12 em que atrazine e paraquat apresentaram valores semelhantes, possivelmente devido a seus mecanismos de ação. A fitotoxidade do paraquat foi percebida em menos de 24 horas após a aplicação, percebendo-se manchas marrons nas folhas, principalmente na sua base (Figura 5 e 6).

Figura 5 – Fitotoxidade do paraquat na base da folha. Ilha Solteira, 2015

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 6 – Fitotoxidade do paraquat nas folhas de *C. benghalensis*. Ilha Solteira, 2015

Fonte: Arquivo pessoal

Para o desdobramento dos estádios dentro dos herbicidas foi contatado que todos os estádios apresentaram diferenças, encontrando-se os menores valores no estádio 21 e 22.

Tabela 8 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 3 horas após a aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	118,75 bcA	96,50 bA	22,50 cB	25,25 bB	29,25 cB
Carfentrazone	157,00 aA	158,50 aA	117,25 abB	113,00 aB	147,75 abA
Flumioxazin	159,75 aA	154,50 aA	115,75 abB	120,50 aB	149,75 abA
Glyphosate	144,25 abA	153,25 aA	124,50 aBC	107,25 aC	142,00 abAB
MSMA	157,00 aA	153,25 aA	125,50 aB	124,25 aC	149,50 abBC
Nicosulfuron	150,75 aA	155,75 aA	89,25 bB	113,25 aB	141,00 abA
Paraquat	106,50 cA	116,75 bA	30,00 cB	39,50 bB	122,50 bA
Testemunha	161,25 aA	159,25 aA	124,5 aC	127,00 aBC	153,50 aAB

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após 18 horas da aplicação, no desdobramento herbicidas dentro de estádio fenológico (Tabela 9), foi verificado que todos os herbicidas apresentaram diferenças dentro dos estádios, porém no estádio 51 a redução no ETR ocorreu apenas no tratamento com atrazina. A redução imediata do ETR ocorre normalmente para herbicidas inibidores da fotossíntese (TROPALDI, et al 2011). No estádio 11 e 12, os herbicidas paraquat e carfentrazone comportaram-se de forma similar, reduzindo drasticamente o ETR em relação à testemunha. A redução do ETR após a aplicação do carfentrazone talvez tenha ocorrido devido à desnaturação das membranas e consequente morte das células.

Para o desdobramento estádios fenológicos dentro de manejo de herbicidas, o herbicida atrazina não apresentou diferença, demonstrando diminuição do ETR em todos os estádios fenológicos. Todos os demais herbicidas apresentaram diferenças entre os estádios aplicados, contudo o paraquat diferiu-se apenas no florescimento (estádio 51). Com exceção da atrazina, todos herbicidas não apresentaram interferência no ETR quando aplicados no florescimento, todavia neste estádio foi encontrada o maior valor de ETR após aplicação da atrazina, comparativamente com os demais estádios fenológicos.

Tabela 9 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 18 horas após a aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	5,50 cA	14,25 bcA	6,75 cA	9,75 dA	23,75 bA
Carfentrazone	7,50 cB	9,5 cB	127,00 abA	129,75 aA	150,50 aA
Flumioxazin	54,25 bB	51,00 abB	133,75 bA	133,25 aA	154,25 aA
Glyphosate	58,50 bB	56,50 abB	141,50 aA	122,250 abA	151,50 aA
MSMA	48,00 bC	40,50 abcC	96,00 bB	69,75 cBC	153,75 aA
Nicosulfuron	48,00 bC	64,75 aBC	31,75 cC	87, 25 bcB	148,00 aA
Paraquat	5,00 cB	6,50 cB	19,50 cB	21,00 dB	125,50 aA
Testemunha	101,25 aBC	67,50 aC	141,50 aAB	137,50 aAB	156,50 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a leitura realizada 24 horas após a aplicação, o desdobramento herbicida dentro de estádio fenológico mostrou diferença entre todos os tratamentos. O herbicida carfentrazone apresentou murcha nas plantas (Figura 7) e uma redução de 100% na ETR nos estádios 11 e 12, proporcionando uma menor fotossíntese (Tabela 10). Girotto et al. (2011) verificou inibição total do ETR em *Ipomoea grandifolia* 24 horas após a aplicação. Apesar de não representar 100%, um comportamento de ETR similar foi encontrado no herbicida paraquat e atrazina, entretanto apenas o paraquat apresentou murcha. (Figura 7) Os demais tratamentos não apresentaram sintomas, constatando-se que mesmo sem sintomas o fluorômetro detecta injúrias causadas pelos herbicidas.

Figura 7: Sintomas de murcha 24 horas após a aplicação de paraquat (A) e carfentrazone (B). Ilha Solteira, 2015.

A

Fonte: Arquivo pessoal

B

Fonte: Arquivo pessoal

Para o desdobramento estádio fenológico dentro de herbicidas, foi observado que o paraquat foi o único herbicida não apresentou diferença entre os estádios. Os herbicidas atrazina, carfentrazone e glyphosate apresentaram atuação diferencial apenas no estádio 51, contudo, todos os herbicidas apresentaram baixa redução de ETR neste estádio.

Tabela 10- Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 24 horas após aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,25 cB	4,00 cB	6,00 cB	9,75 bB	89,00 cA
Carfentrazone	0,00 cB	0,00 cB	14,75 bcB	12,25 bB	124,75 abcA
Flumioxazin	107,50 aA	112,00 aA	51,75 abB	48,25 abB	141,50 aA
Glyphosate	42,50 bB	47,50 bB	79,00 aB	44,00 abB	134,50 abA
MSMA	66,50 bBC	90,25 aB	39,50 abcC	34,50 abC	143,00 aA
Nicosulfuron	83,00 abAB	108,25 aA	27,00 bcC	49,25 abBC	98,50 bcA
Paraquat	0,00 cA	0,25 cA	6,75 cA	10,25 bA	10,0 dA
Testemunha	73,25 abB	117,75 aA	45,25 abcB	65,500 aB	144,75 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o desdobramento dos herbicidas dentro dos estádios, foi constatado que o herbicida carfentrazone ocasionou clorose generalizada em 100% das plantas no estádio 11 e 12 após 48 horas de aplicação, ocorrendo o mesmo comportamento com paraquat nos mesmos estádios (Figura 8) apresentado inibição total do ETR em ambos tratamentos. A atrazina, apesar de não eliminar totalmente as plantas promoveu redução semelhante no ETR. Os estádios 21 e 22 não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Figura 8 – Clorose ocasionada por uso de paraquat (A) e carfentrazone (B) 48 horas após a aplicação. Ilha Solteira, 2015.

(A) (B)

Fonte: Arquivo pessoal Fonte: Arquivo pessoal

Atrazina, MSMA e paraquat não diferiram quanto ao estádio aplicado (Tabela 11). O carfentrazone que acarretou morte das plantas nos estádios 11 e 12, ocasionou o oposto no florescimento, onde apresentou alto ETR. Portanto o paraquat foi o que apresentou o melhor resultado em todos os estádios aplicados.

Tabela 11 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 48 horas após a aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 ba	1,00 bA	7,00 aA	5,25 aA	10,25 bA
Carfentrazone	0,00 bB	0,00 bB	6,75 aB	11,50 aB	93,75 aA
Flumioxazin	93,25 aB	109,25 aAB	31,00 aC	24,25 aC	154,25 aA
Glyphosate	50,75 abB	72,25 a A	44,25 aB	26,25 aB	127,00 aA
MSMA	46,75 abA	84,75 aA	39,50 aA	44,75 aA	95,50 aA
Nicosulfuron	107,00 aA	115,00 aA	28,50 aC	47,00 aBC	93,00 aAB
Paraquat	0,00 bA	0,00 bA	1,50 aA	6,25 aA	4,50 bA
Testemunha	111,00 aA	127,50 aA	39,50 aB	51,00 aB	120,00 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na leitura feita após 72 horas todos herbicidas apresentaram diferenças quando desdobrados herbicidas dentro de estádios fenológicos. Para o estádio 11 todos os herbicidas apresentaram redução no ETR. No estádio 12 apenas o nicosulfuron não diferiu da testemunha. Nesta leitura já havia-se constatado a morte de todas plantas no estádio 11 e 12 que foram aplicados os herbicidas atrazina, carfentrazone e paraquat.

Os herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat não apresentaram diferenças entre os estádios, conforme exposto na Tabela 12. O flumioxazin e o nicosulfuron demostraram diferenciado, pois apresentaram as maiores médias de ETR no estádio 11 e 12, contrariando todos os demais tratamentos que mantiveram valores de ETR superiores no florescimento.

Tabela 12- Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR em 72 horas após a aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 dA	0,00 cA	4,25 bca	3,00 dA	5,75 dA
Carfentrazone	0,00 dA	0,00 cA	0,5 bcA	4,00 dA	18,50 cdA
Flumioxazin	87,75 bA	26,25 cB	15,50 abcB	18,25 bcdB	23,00 bcdB
Glyphosate	33,25 cB	72,25 bA	20,75 abcB	13,00 cdB	76,50 aA
MSMA	41,00 cA	26,00 cA	25,00 abcA	37,25 abcA	39,25 bcA
Nicosulfuron	90,00 bAB	103,75 abA	43,25 aC	67,75 aBC	52,25 abA
Paraquat	0,00 dA	0,00 cA	0,00 cA	2,00 dA	3,50 dA
Testemunha	129,50 aA	122,00 aA	32,50 abC	47,50 abC	77,75 aB

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos 96 horas após a aplicação, todos os herbicidas apresentaram diferenças (Tabela 13). O herbicida nicosulfuron foi o único herbicida nos estádios 11 e 12, que não apresentou diferença em relação a testemunha. Após 96h foi verificada a morte das plantas que sofreram ação do paraquat e carfentrazone no estádio 21.

O glyphosate não apresentou diferença com a testemunha nos estádios de maior desenvolvimento da planta. Corniani et al. (2011) afirmou em estudo realizado que o glyphosate apresentou redução significativa de ETR em *Brachiaria decumbens*, contrariando o presente resultado.

Tabela 13 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 96 horas após aplicação. Ilha solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 cA	0,00 dA	7,75 cA	4,25 dA	6,75 dA
Carfentrazone	0,00 cB	0,00 dB	0,00 cB	38,25 cdA	28,75 cdAB
Flumioxazin	16,25 bcB	24,25 cdB	66,00 bA	43,25 cdAB	29,00 cdB
Glyphosate	22,00 bcC	62, bcB	94,25 abAB	95,75 abAB	104,25 a
MSMA	11,50 bcB	15,25 dB	59,25 bA	79,00 bcA	57,00 bcA
Nicosulfuron	46,00 abC	78,50 abBC	112,750 aAB	131,75 aA	79,25 abBC
Paraquat	0,00 cB	0,00 dB	0,00 cB	106,75 abA	6,25 dB
Testemunha	75,50 aB	103,75 ABa	125,00 aA	124,75 aA	102,25 aAB

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma semana após a aplicação dos herbicidas, para o desdobramento herbicidas dentro de estádios todos os herbicidas apresentaram diferença entre os herbicidas utilizados (Tabela 14). Para o estádio 11 todos os herbicidas apresentaram redução no ETR, e no estádio 12

apenas o nicosulfuron não apresentou diferença em relação a testemunha. Para o estádio 21, 22 e 51 o glyphosate e o nicosulfuron apresentaram valores próximos à testemunha, ressaltando-se que o tratamento com glyphosate apresentou valores de ETR superior à testemunha no florescimento, provavelmente ocasionado devido à tolerância que a *C. benghalensis* apresenta ao glyphosate.

Analisado o desdobramento estádios fenológicos dentro de herbicidas, não foi verificada diferença entre os estádios para atrazina, carfentrazone e paraquat. O ETR nas plantas com atrazina para os estágios 11, 12, 21 e 22 foi 100%, no entanto as plantas no estágio 21 e 22 não encontravam-se mortas. Apresentavam-se com folhas secas e caule verde (Figura 9).

As plantas que haviam sofrido com a ação do paraquat, no estádio 21 começaram a apresentar recuperação, apresentando brotamento (Figura 10).

Figura 9 – Tratamento com carfentrazone no estádio 21. Testemunha (esquerda) e plantas tratadas (direita). Ilha Solteira, 2015.

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 10 – Recuperação de *C. benghalensis* uma semana após aplicação de paraquat. Ilha solteira, 2015.

Fonte: Arquivo pessoal

Tabela 14 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 168 horas após aplicação. Ilha Solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 cA	0,00 cA	13,75 bA	14,00 cdA	3,50 dA
Carfentrazone	0,00 cA	0,00 cA	0,00 bA	0,00 dA	25,250 cdA
Flumioxazin	26,25 bcAB	6,50 cB	11,50 bB	4,50 dB	57,500 cA
Glyphosate	37,50 bcC	53,75 bBC	75,75 aB	47,00 abcBC	125,750 aA
MSMA	15,25 bcC	10,50 cC	60,50 aAB	23,250 cdBC	65,25 bcA
Nicosulfuron	61,50 bB	79,25 abAB	84,50 aAB	85,25 aAB	99,75 abA
Paraquat	0,00 cA	0,00 cA	13,25 bA	37,250 bcdA	8,75 dA
Testemunha	108,25 aB	112,00 aB	83,00 aAB	66,250 abB	115,75 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento herbicidas dentro de estádios fenológicos 336 horas após a aplicação, foi observado que houve diferenças entre todos tratamentos. Nos estádios 11 e 12 todos tratamentos diferiram da testemunha (Tabela 15). Nos estádios 21 e 22, atrazina, carfentrazone, flumioxazin e paraquat diferiram-se da testemunha. No florescimento glyphosate e nicosulfuron apresentaram valores de ETR semelhantes à testemunha.

Após 14 dias de aplicação não foi verificado nenhum sintoma fitotóxico em plantas no florescimento após aplicação de glyphosate (Figura 11).

Figura 11 - *C. benghalensis* no estádio 51 com aplicação de glyphosate. Planta tratada (esquerda) e testemunha (direita) . Ilha Solteira, 2015.

Fonte: Arquivo pessoal

Os herbicidas atrazina, carfentrazone e paraquat não apresentaram diferença entre os estádios, no entanto valores de ETR mais altos foram encontrados no florescimento, mostrando um menor controle. Apesar de não apresentar uma redução expressiva logo após a aplicação, o tratamento com flumioxazin mostrou-se eficiente no decorrer do tempo, apresentando valores baixos de ETR após duas semanas nos estádios, no entanto não acarretou morte das plantas.

Tabela 15 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 336 horas após a aplicação. Ilha solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 cA	0,00 cA	4,50 bA	0,00 cA	1,25 cA
Carfentrazone	0,00 cA	0,00 cA	10,00 bA	0,00 cA	6,75 cA
Flumioxazin	53,75 bA	10,50 cB	0,00 bB	0,00 cB	17,00 cB
Glyphosate	10,50 cB	39,75 cB	142,25 aA	124,00 abA	113,75 aA
MSMA	10,50 cB	0,00 cB	105,75 aA	96,75 bA	70,25 bA
Nicosulfuron	53,00 bC	112,00 bAB	127,75 aAB	140,75 aA	91,50 abB
Paraquat	0,00 cA	0,00 cA	0,00 bA	0,00 cA	9,00 cA
Testemunha	174,00 aA	170,50 aAB	132,25 aC	136,00 abBC	126,00 aC

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observado, para o desdobramento de herbicidas nos estádios fenológicos 672 horas após a aplicação, que após 28 dias todos os tratamentos apresentaram diferenças, no entanto ocorreu uma recuperação de ETR em algumas plantas (Tabela 16), sendo verificado resultados semelhantes por Girotto et al., (2011), onde o amicarbazone inibiu 100% do ETR em *I. grandifólia*, ocorrendo posteriormente recuperação do ETR, apresentando valor próximo ao inicial às 350 horas após a aplicação. Os herbicidas atrazina, carfentrazone e paraquat apresentar recuperação do ETR nos estádios 21 e 22. Apesar da recuperação após a aplicação de atrazina os estádios não apresentaram diferenças entre os tratamentos, apresentando comportamento diferente aos demais tratamentos.

A atrazina, carfentrazone MSMA, e paraquat apresentaram valores de ETR semelhantes nos estádios 11, 12 e 51, diferentemente das leituras anteriores em que o estádio 51 apresentava menor controle. No entanto as plantas encontravam-se em plena recuperação das injúrias ocasionadas pelo controle químico, apresentando muitas folhas secas, algumas oriundas do uso de herbicidas, outras devido ao estádio fenológico em que as plantas encontravam-se.

Tabela 16 - Desdobramento da interação significativa manejo de herbicidas e estádios fenológicos para ETR 672 horas após aplicação. Ilha solteira, 2015.

TRATAMENTOS	BBCH 11	BBCH 12	BBCH 21	BBCH 22	BBCH 51
	ETR (µMols elétrons m^{-2} s^{-1})				
Atrazina	0,00 cA	0,00 cA	40,50 bA	23,75 bA	0,00 bA
Carfentrazone	0,00 cB	0,00 cB	27,75 bAB	65,50 bA	0,00 bB
Flumioxazin	51,75 bB	81,50 bBC	131,50 aA	140,25 aA	0,00 bC
Glyphosate	0,00 cB	10,00 cB	136,50 aA	130,50 aA	117,25 aA
MSMA	10,00 bcB	0,00 cB	108,75 aA	131,00 aA	28,75 bB
Nicosulfuron	40,75 bcCD	81,50 bBC	133,25 aA	126,00 aAB	24,00 bD
Paraquat	0,00 cB	0,00 cB	32,25 bB	127,75 aA	0,00 bB
Testemunha	160,00 aA	161,75 aA	125,00 aA	130,25 aA	127,25 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento do ETR variou em função do estádio em que as plantas encontravam-se no momento de aplicação e do herbicida e também em função do herbicida aplicado, no entanto valores baixos de ETR não significaram posterior morte das plantas, visto que houve recuperação do ETR em alguns tratamentos.

Os herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat apresentaram controle total nos estádios iniciais (11 e 12), e apesar de retardar o desenvolvimento das plantas nos demais estádios, não foram eficazes no controle. Os demais herbicidas apresentaram forte

interferência nos estádios 11 e 12, porém houve apenas controle parcial. Já nos estádios 21, 22 e 51 todas plantas apresentaram tolerância.

Portanto, para que haja uma ação mais eficaz dos herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat, é recomendado que seja feito o controle químico nos estádios fenológicos iniciais

5 CONCLUSÕES

O estádio fenológico em que a *C. benghalensis* encontra-se no momento de aplicação influencia o seu desenvolvimento, consequentemente no seu controle.

A *C. benghalensis* em todos os estádios fenológicos, é tolerante a dose aplicada dos herbicidas flumioxazin, glyphosate e nicosulfuron.

Os herbicidas atrazina, carfentrazone, MSMA e paraquat resultam na morte de 100% das plantas quando aplicados nos estádios iniciais (11 e 12).

O fluorômetro, após aplicação dos herbicidas utilizados, apesar de auxiliar em leituras pontuais de fluorescência, é considerada uma ferramenta interessante para verificar a ação dos herbicidas em *C. benghalesnis* apenas com acompanhamento avaliações visuais e dados biométricos das plantas tratadas.

REFERÊNCIAS

ARALDI, R. et al. Eficiência fotossintética da cultivar rb85 5536 de cana-de-açúcar submetida ao amicarbazone em solução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27. 2010, Ribeirão Preto – SP. **Anais...** Ribeirão Preto: 2010 a Disponível em: <http://www.sbcpd.org/portal/ anais/XXVII_CBCPD/PDFs/515.pdf>. Acesso em: 20 jul.2013.

ARALDI, R. **Avaliação da absorção do amicarbazone e intoxicação em cana-de-açúcar e plantas daninha.** 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2010b.

ARALDI, R.; GIROTTO, M.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; JASPER, S. P.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. Eficiência fotossintética e consumo de água de ipomoea triloba após aplicação de herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 517-524, 2012.

BECERRIL, J. M.; DUKE, S. O. Protoporphyrin IX content correlates with activity of photobleanching herbicides. **Plant Physiology**, Washington, v. 90, n. 4, p. 1175-1181, 1989.

BERLEIN, C. V.; GUTTIERI, M. J.; THILL, D. C.; BAERG, R. J. Altered acetolactate synthase activity in ALS - inhibitor resistant prickly lettuce (Lactuca serriola). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 2, p. 212-217, 1997.

BLANCO, F. M. G. **Trapoeraba- uma planta de difícil controle.** 2010. (Comunicado técnico, 132). Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=132> Acesso em: 08 ago. 2013.

CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*ananas comossus*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.

CAMPOSTRINE, E. **Fluorescência da clorofila a: Considerações teóricas e 11 aplicações práticas.** Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2001. (Apostila, 2001).

CHARLES, G. W. Nutgrass (*Cyperus rotundus* L.) control in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Australian Journal Experimental Agriculture,** Clayton, v. 35, p. 633-639, 1995.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Plantas daninhas na cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas. In: CÂMARA, G. M. (Ed.). **Soja:** tecnologia da produção. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 179-202.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MENDONÇA, C. G. de. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho:** tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 60-95.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2. ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas, 2004. p. 39-40.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; MONQUERO, P. A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. E *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Casos potenciais de resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.) **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas.** 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008.

CORNIANI, N.; BARBERIS, L. R. M ; VELINI, E. D. ; SILVA, F. M. L. ; CORDEIRO, J. G. Efici|ência fotossintética de *Brachiaria decumbens* após a aplicação de Glyhosate com diferentes aduvantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLPHOSATE, 2, Botucatu. SIMPÓSIO ITERNACIONAL SOBRE GLPHOSATE - USO SUSTENTÁVEL, 3, 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA, 2011. v. 3. p. 297-300.

CORRÊA, L. E. A.; BORGES, A. Glyphosate + carfentrazone: controle de ervas problemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 463.

CORTEZ, M.G. **Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* (LinK) Hitchc. a herbicidas inibidores da acetil coenzima a carboxilase**. 2000. 214p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

DAYLAN, F. E.; DUKE, S. O.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, Oxford, v. 51, n. 1, p. 65-73 1997.

DE LA VEGA, M. H. et al. Control de Commelina erectaL. con herbicidas postemergentes com el objectivo de su uso en cultivo de soja transgénica. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 51-56, 2000.

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. Oxygen toxicity and herbicidal action. In: DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE**, C. Physiology of herbicide action.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. p. 177-188.

DIAS, N.M.P. **Tolerância de espécies de capim colchão (Digitaria spp) a herbicidas na cultura da cana de açúcar**. 2004. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, A.C.R. et al. Germinação de sementes aéreas pequenas de trapoeraba (Commelina benghalensis). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, p. 931-939, 2009.

DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P. ; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fenologia da trapoeraba como indicador para tolerância a herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 185-191, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FLECK, N. G.; LAZAROTO, C. A.; SCHAEDLER, C. E. ; FERREIRA, F. B. Controle de papuã (brachiaria plantaginea) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 375-383, 2008.

FOLONI, L. L. et al. Eficiência do MSMA em aplicação isolada e seqüencial no controle da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 6, 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1996. p. 335-340.

FORNAROLLI, D. A. et al. Influência do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós- emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 119-120, 1999.

FMC Corp. Boletim Técnico do Aurora 400 CE (carfentrazone ethyl). 16 p. 2001.

GIROTTO, M.; VELINI, E. D.; ARALDI, R.; TROPALDI, L.; SILVA, I. P. F.; CARBONARI, C. ; JASPER, S. P. . Avaliação da taxa de transporte de elétrons após aplicação dos herbicidas amicarbazone e glyphosate *em Ipomoea grandifolia*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 3, SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 3, 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA, 2011.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira:** UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HESS, M. et al. Use of the extended BBCH scale – general for the descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, Oxford, v. 37, p. 433-441, 1997.

JAVARONI, R. C. A.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 58-64, 1999. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1139.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2015.

KARAM, D. et al. SELETIVIDADE DE CARFENTRAZONE-ETHYL AOS MILHOS DOCE E NORMAL. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p.62-68, 2004.

KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Botanica Acta**, Stuttgart, v. 109, n. 2, p. 456-462, 1996.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. v. 1. 824 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 137 p.

MACIEL, C. D. G. et al. Método alternativo para avaliação da absorção de atrazine por plantas de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 431-438, 2002.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina:** Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 34, n. 2, p. 175-186, 2013.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany,** Oxford, v. 51, n. 1, p. 659-668, 2000.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 7, n. 2, p. 53-58, 2008.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; DE PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, p. 123-132, 2005.

NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; CARVALHO, S. J. P.; TOLEDO, R.; SCARPARI, L. Alternativas de manejo para as populaçõesde picão-preto (bidens pilosa e bidens subalternans) resistentes aos herbicidas inibidores da als. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasilia, DF, v. 3, p. 72 –79, 2006.

OLIVEIRA Jr., R. S. et al. Carfentrazone: novo herbicida para o manejo de Ipomoea grandifolia e Commelina benghalensis em áreas de semeadura direta de soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 440.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. Cap. 7, p. 232-235.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362 p.

PENCKOWSKI, L.H., ROCHA, D.C. **Guia ilustrado de identificação e controle de espécies de trapoerabas.** Castro: Fundação ABC, 2006.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

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

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; KISSMANN, K. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.105-144.

ROCHA, D. C.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D. Ocorrência de *Commelina villosa* como planta daninha em áreas agrícolas no Estado do Paraná-PR, Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 161-167, 2000.

ROCHA, D.C., RODELLA, R.A., MARTINS, D. ; MACIEL, C.D.G. Efeito de herbicidas sobre quatro espécies de Trapoeraba. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2, p. 359-364, 2007.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.
RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. (Ed.). **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos Autores, 2011. 697 p.

RODRIGUES, A. C. P.; FILHO, S. I. B. S.; MARTINS, D.; COSTA, N. V. ; ROCHA, D. C.; SOUZA, G. S. F. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 421-428, 2010.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; TERRA, A. A. Carfentrazone-ethyl, isolado e associado a duas formulações de glyphosate no controle de duas espécies de trapoeraba. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 103-113, 2002a.

RONCHI, C. P. et al. Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta Daninha**, v. 20, p. 311-318, 2002b.

SANTOS, I. C. et al. Eficiência do herbicida glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 135-143, 2001.

SANTOS, I. C.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, L. D. T.**;** MIRANDA, G. V. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e eficiência do glyphosate**.** **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2002.

SCHREIBER, U. et al. Measurement of chlorophyll fluorescence within leaves using a modified PAM fluorometer with a fiber-optic microprobe. **Photosynthesis Research,** Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 103-109, 1996.

SHERMAN, T. D.; BECERRIL, J. M.; MATSUMOTO, H.; DUKE, M. V.; JACOBS, J. M.; JACOBS, N. J.; DUKE, S. O. Physiological basis for differential sensitivities of plant species to protoporphyrinogen oxidase inhibiting herbcides. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 97, p. 280 - 287, 1991.

SILVA, C. M. M.; GOMES, M. M. A. ; FREITAS, S. P. Interferência de herbicidas, associados a um análogo de brassinosteroide, no aparato fotossintético de mudas de eucalyptus grandis. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 789-797, 2009.

TAKANO, H. K. et al. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas,** Brasília, DF, v. 12, n. 1, p.1-13, 2013.

TROPALDI, L. ; VELINI, E. D. ; GIROTTO, M. ; ARALDI, R. ; SILVA, I.P.F. . Fluorescência e consumo de água de Ipomoea grandifolia após aplicação de ghyphosate e haloxyfop-methyl em pós-emergência. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GHYPHOSATE, 3, 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2011. v. 1. p. 287-289.

VARGAS, L. **Sintomas e diagnose de toxicidade herbicida na cultura da maçã.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. (Circular técnica, 44).

VELINI, E. D. et al. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.113- 134.

VENCIL, W. K. **Herbicide handbook**. 8. ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2002. 493 p.

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching ofchlorophyll fluorescence. **Journal Photocopy. Photobiology B: Biology**, v. 36, n. 3, p. 3-15, 1996.

WILSON, A. K. Commelinaceae - a review of the distribution, biology and control of the important weeds belonging to this family**. Tropical Pest Management,** v. 27, p. 405-418, 1981.