

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**EFEITOS DE ÓLEOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS
DA CALDA DE APLICAÇÃO E NA AÇÃO DA ATRAZINA**

LUCAS PERIM

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

**BOTUCATU – SP
Julho - 2011**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE ÓLEOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS
DA CALDA DE APLICAÇÃO E NA AÇÃO DA ATRAZINA**

LUCAS PERIM

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Co-Orientador: Eng^o. Agr^o. Dr. Eduardo Negrisoni

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

**BOTUCATU – SP
Julho – 2011**

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

Perim, Lucas, 1980-
P444e Efeitos de óleos nas características físicas e químicas da calda de
aplicação e na ação da atrazina / Lucas Perim. - Botucatu : [s.n.], 2011
vii, 92 f. : gráfs. color., tabs., fots. Color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Co-orientador: Eduardo Negrisola
Inclui bibliografia

1. Adjuvante. 2. Atrazina. 3. Herbicidas. 4. Herbicidas - Tecnologia de
aplicação. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Negrisola, Eduardo. III.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITOS DE ÓLEOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA
CALDA DE APLICAÇÃO E NA AÇÃO DA ATRAZINA

ALUNO: LUCAS PERIM

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI
CO-ORIENTADOR: DR. EDUARDO NEGRISOLI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



PROF. DR. AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA



PROF. DR. CAIO ANTONIO CARBONARI

Data da Realização: 29 de julho de 2011.

AOS MEUS PAIS,

ANTONIO ROBERTO PERIM & ROSANGELA DE FÁTIMA CELLA PERIM

AOS MEUS IRMÃOS,

FELIPE PERIM e NATÁLIA PERIM

Pelo amor, carinho, compreensão, ensinamentos e por jamais
medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

Amo vocês!!!

OFEREÇO

Á minha noiva CAROLINE CAUM,

Pela força, sinceridade, paciência, amor e o mais
importante, por fazer parte da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à DEUS pelo dom da vida e por estar sempre a minha frente em todos os momentos.

Ao Professor Dr. Edivaldo Domingues Velini pela orientação, amizade, aprendizado e confiança em mim depositada e principalmente pelos incentivos e conhecimentos transmitidos.

Ao amigo e co-orientador Eng^o. Agr^o. Dr Eduardo Negrisoni. pelo incentivo e estar sempre me apoiando com inúmeros auxílios e ensinamentos durante toda essa etapa.

Ao amigo Eng^o. Agr^o. Dr Marcelo Rocha Corrêa pela amizade e importantes auxílios.

Ao amigo Eng^o. Agr^o. Dr Augusto Guerreiro Fontoura Costa, pela confiança e suporte durante a condução dos experimentos.

Aos amigos do NUPAM - José Roberto Marques Silva, Marcelo Siono e em especial a José Guilherme Ferreira Cordeiro pela amizade e pela ajuda indispensável em todos os experimentos e etapas desta conquista.

Pelas colaborações indispensáveis de Caio Antônio Carbonari e Samir Paulo Jasper durante as etapas finais dos experimentos.

As secretárias Vera Lúcia Rossi e Ilanir R. R. Bocetto do Departamento de Produção Vegetal - Agricultura, pela amizade e auxílios.

A todos os docentes da FCA pelo apoio, convivência e pelos valiosos ensinamentos.

A todos os amigos da FEPAF, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Marcelo, Pedro e em especial à Silvia Soler e Patricia Carnietto.

Aos amigos de sempre: Jayme Ferrari Neto, Gustavo Spadotti Amaral Castro, Mauricio Antonio Cuzato Mancuzo e a todos meus amigos, os quais dispensam ser nomeados.

À Stoller do Brasil, pelo suporte e contribuições para a realização deste trabalho.

Aos amigos da República Pé D'kana por esses anos de vivência, amizade e confiança.

A CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

A todas as pessoas que direta e indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

A todos meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Adjuvantes	7
4.2 Características físico-químicas da calda de pulverização.....	10
4.2.1 Efeito dos adjuvantes na tensão superficial.....	12
4.2.2 Efeito dos adjuvantes no tamanho de gotas de pulverização.....	13
4.2.3 Qualidade e pH da água usada na pulverização	15
4.3 Efeitos dos adjuvantes na ação da atrazina.....	17
4.4 Análise da taxa de transporte de elétrons (ETR)	19
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Tratamentos	21
5.2 Características físico-químicas da calda de pulverização.....	22
5.2.1 Tensão superficial da calda.....	22
5.2.2 Efeito dos adjuvantes sobre o pH da calda.....	23
5.2.3 Efeito do pH e tempo sobre a tensão superficial	24
5.2.4 Evaporação da calda	25
5.2.5 Tamanho de gotas.....	27
5.3 Efeitos dos adjuvantes na ação da atrazina.....	29
5.3.1 Eficácia de controle de plantas daninhas	32
5.3.2 Influência da chuva no controle de plantas daninhas	33
5.3.3 Velocidade de absorção de ingrediente ativo	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 Características físico-químicas da calda de pulverização.....	39
6.1.1 Tensão superficial da calda.....	39
6.1.2 Efeito dos adjuvantes sobre o pH da calda.....	41
6.1.3 Efeito do pH e tempo sobre a tensão superficial	43

6.1.4 Evaporação da calda	47
6.1.5 Tamanho de gotas	50
6.2 Efeitos dos adjuvantes na ação da atrazina.....	52
6.2.1 Eficácia de controle de plantas daninhas	52
6.2.2 Influência da chuva no controle de plantas daninhas	60
6.2.3 Velocidade de absorção de ingrediente ativo	67
7 CONCLUSÕES.....	76
8 REFERÊNCIAS.....	78

EFEITOS DE ÓLEOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA CALDA DE APLICAÇÃO E NA AÇÃO DA ATRAZINA.

1 RESUMO

O uso de adjuvantes é adotado em todo o mundo, a fim de melhorar a eficácia das formulações de defensivos agrícolas, independente do tipo de alvo. Existem duas maneiras principais em que adjuvantes podem melhorar o desempenho final do produto. Em primeiro lugar, aumentando a quantidade de ingrediente ativo retido pelo alvo e, por outro, melhorando a sua absorção. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de óleos minerais e vegetais nas características físicas e químicas da calda de aplicação e na ação do herbicida atrazina (Gesaprim 500[®] SC). Os tratamentos estudados foram: atrazina, atrazina + Natur'l Óleo[®]; atrazina + Agr'Óleo[®]; atrazina + Assist[®] e testemunhas. Todos os adjuvantes foram acionados na proporção de 0.5% do volume da calda aplicada. As plantas indicadoras utilizadas nos estudos sobre os efeitos dos adjuvantes sobre a ação da atrazina foram: *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria plantaginea*, *Merremia cissoides* e *Euphorbia heterophylla*. Os parâmetros estudados foram: tensão superficial, pH, efeito do tempo de preparo da calda e do pH sobre a tensão superficial, evaporação da calda, tamanho de gotas, eficácia de controle de plantas daninhas, influência da chuva no controle da atrazina e a velocidade de absorção da atrazina com o uso do fluorômetro. O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizados, com quatro repetições. Portanto com os resultados obtidos pode-se concluir que

uso de óleos vegetais ou minerais influenciou positivamente nas características físicas e químicas da calda de aplicação agindo diretamente na ação de herbicidas apresentando uma alta eficiência de controle das espécies estudadas. A simulação de chuva influenciou negativamente no controle das espécies. Com o auxílio do resultado da taxa de transporte de elétrons, também concluiu que a velocidade de absorção atrazina foi maior nos tratamentos com o uso de adjuvantes adicionados a calda de aplicação.

Palavras-chave: atrazina, adjuvante, ação de herbicidas, tecnologia de aplicação.

EFFECTS OF OIL IN PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS AT APPLICATION AND ACTION OF ATRAZINE. Botucatu, 2011. 92 p. (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUCAS PERIM

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-adviser: EDUARDO NEGRISOLI

2 SUMMARY

The adjuvants are used all over the world in order to improve the effectiveness of the herbicides formulations, independent of target. There are two main ways in which adjuvants can improve the performance of the final product. First, increasing the amount of active ingredient retained by the target and secondly, promoting its absorption. The objective of this study was to evaluate the effects of mineral and vegetable oils in physical and chemical characteristics of the application and action of the herbicide Gesaprim 500[®] (atrazine). The treatments studied were: atrazine; atrazine + Natur'l Óleo[®]; atrazine + Agr'Óleo[®]; atrazine + Assist[®] and check. All adjuvants were used at a rate of 0.5% of the volume of spray applied. The indicator plants used in studies on the effects of adjuvants on the action of atrazine were: *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria plantaginea*, *Merremia cissoides* and *Euphorbia heterophylla*. The parameters studied were: surface tension, pH, effect of time preparing the solutions and pH on surface tension, evaporation of the solution, droplet size,

effective weed control, rain influence in weed control, the active ingredient absorption velocity using the fluorometer method. The experimental design was randomized blocks with four replications. So with the results we can conclude that the use of vegetable or mineral oils had a positive influence on physical and chemical characteristics and at the application acts the treatments showed a highly efficient control of the studied species. The rainfall simulation had a negative influence in controlling these species. . With the result of the electron transport rate, also concluded that the absorption rate of atrazine was higher in treatments with the use of adjuvants added to spray application.

Keywords: atrazine, adjuvant, herbicides action, application technology.

3 INTRODUÇÃO

A atrazina é um herbicida amplamente usado para controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas em ambientes agrícolas e não agrícolas e possui mecanismo de ação que envolve a inibição do transporte de elétrons no fotossistema II.

O Brasil ocupa posição de destaque mundial na venda de defensivos agrícolas, sendo que o consumo de herbicidas corresponde a quase metade do volume total de vendas. Dentro desse cenário, a atrazina [2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina] é um herbicida bastante utilizado, principalmente, no controle de plantas daninhas associadas à cultura do milho. No Brasil, a atrazina é registrada para diversas culturas anuais e perenes, tais como: milho, cana-de-açúcar, sorgo, café, cacau, banana, chá e abacaxi (RODRIGUES; ALMEIDA, 1995).

É o herbicida mais aplicado nos Estados Unidos Estados (MUDHOO; GARG, 2011). Durante 1990-1993, uma média de 28 milhões de kg de atrazina foi aplicada anualmente nas plantações dos Estados Unidos. Em Indiana, 3 milhões de kg de atrazina foi aplicada em 1993, praticamente todos essa quantia como sendo um único herbicida pré-emergente no milho (RADOSEVICH et al., 1989).

Normalmente é recomendado para uso em pré-emergência, porém pode ser usado em pós-emergência, desde que a aplicação seja feita nos estádios iniciais de desenvolvimento das plântulas (GOPINATH; KUNDU, 2008). Para essa modalidade de aplicação, é necessária a adição de adjuvantes adequados, a fim de aumentar a absorção foliar, uma vez que a via

principal de absorção é a radicular (MACIEL et al., 2002).

O uso de adjuvantes é adotado em todo o mundo, a fim de melhorar a eficácia das formulações, independentemente do tipo de alvo. É geralmente aceito que existem duas maneiras principais em que adjuvantes possam melhorar o desempenho final do produto. Em primeiro lugar, aumentando a quantidade de ingrediente ativo retido pelo alvo e, por outro, promovendo a sua absorção.

Em geral, os adjuvantes são utilizados para favorecer a aplicação de defensivos agrícolas, e dentre os fatores que estão amplamente relacionados estão o espalhamento, penetração e a absorção, bem como a redução da tensão superficial da calda e seu pH. Esses fatores físico-químicos das caldas de pulverização estão totalmente relacionados com a disponibilidade do ingrediente ativo na superfície de contato com o alvo.

Uma das principais conseqüências ocasionada pela adição de adjuvantes à calda de pulverização é eficiência na ação dos herbicidas, sejam eles o controle de plantas daninhas ou até mesmo a sua perda na forma de deriva. Este fator além de ter um impacto econômico por impedir que o produto atinja o alvo, também pode causar danos ambientais levando moléculas de ingrediente ativo para outras áreas de culturas diferentes ou até mesmo rios e lagos. Ainda, esse fator está ligado ao tamanho das gotas, velocidade e capacidade de produção de gotas inferiores a 100 μ m. Portanto, apesar das informações existentes sobre efeitos dos adjuvantes sobre as características citadas, são de importância a necessidade de mais estudos, especificamente no que se refere ao uso de adjuvantes na calda de aplicação da atrazina.

Dessa forma, o trabalho em questão teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de óleos minerais e vegetais nas características físicas e químicas da calda de aplicação e na ação da atrazina no controle de plantas daninhas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Adjuvantes

Witt (2001) define como adjuvante agrícola qualquer substância acrescentada ao tanque de pulverização, sem contar os adjuvantes contidos na formulação do defensivo agrícola, que melhore o desempenho da aplicação. Ozeki (2006) é ainda mais específico e define adjuvantes como produtos inertes adicionados à calda de pulverização que tenham como objetivo aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície foliar e aumentando a absorção foliar do ingrediente ativo. Porém, vale lembrar que alguns produtos em altas concentrações podem chegar a ser fitotóxicos.

A importância do uso de adjuvantes em aperfeiçoar a atividade de muitos herbicidas de pós-emergência atualmente está bem definida e pode representar economia na aplicação, pela possibilidade do uso de doses reduzidas (SHERRICK et al., 1986; CARBONARI et al., 2004). Segundo Theisen et al. (2004), a adição de adjuvantes melhora o ambiente da calda de aplicação e as condições para a proteção e absorção dos herbicidas, uma vez que boa parte das pulverizações com herbicidas não apresenta bons resultados sem o acréscimo de algum tipo de adjuvante.

O processo de subdivisão do líquido em gotas, conhecido como pulverização, é a base da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Dele depende o potencial de deriva, a perda por escorrimento e a cobertura do alvo. Trata-se de um processo

complexo, influenciado por diversos fatores, como o tipo de equipamento de pulverização empregado e as propriedades físico-químicas da calda (CUNHA et al., 2003; BRONIARZ-PRESS et al., 2009).

Vários estudos já foram realizados para caracterizar o espectro de gotas em função dos equipamentos de pulverização (CUNHA et al., 2007; NUYTTENS et al., 2007). Contudo, pouca informação existe a respeito das propriedades físico-químicas das caldas e dos fatores que as influenciam, provavelmente devido à sua complexidade (SCHAMPHELEIRE et al., 2008).

Downer et al. (1998), estudando o processo de pulverização em diferentes caldas, também mostram que muitos fatores o influenciam, dificultando o estabelecimento de relações simples. A formação das gotas e a ação dos agrotóxicos são dependentes de constituintes da calda de pulverização, que, embora não compondo o ingrediente ativo, podem melhorar sua eficácia (GREEN; BEESTMAN, 2007). Ramsdale e Messersmith (2001) afirmam que os adjuvantes podem melhorar a eficácia das aplicações, porém a interação adjuvante e defensivo agrícola, é um processo complexo, que envolve muitos aspectos físicos, químicos e fisiológicos, e pode variar para cada condição testada.

Os adjuvantes atuam de maneira diferente entre si e podem promover melhoras no molhamento, na aderência, no espalhamento, na redução de espuma e na dispersão da calda de pulverização por meio da alteração das propriedades físico-químicas da calda (MONTÓRIO et al., 2004; CARBONARI et al., 2005; COSTA et al., 2005; MENDONÇA et al., 2007). A adição de adjuvantes pode alterar o desempenho das aplicações; contudo, seu efeito pode ser positivo ou até mesmo negativo no que se refere à deposição do produto no alvo.

Os fabricantes de defensivos agrícolas incluem, geralmente, em suas etiquetas de recomendações de uso, a adoção de adjuvantes para aumentar a atividade biológica do ingrediente ativo, melhorar a segurança da aplicação, minimizar ou eliminar uma ou mais variáveis que afetam a qualidade de uma aplicação, controlar melhor potenciais riscos de deriva, diminuir a exposição do trabalhador ou a contaminação do meio ambiente, melhorar economicamente a aplicação, dando maior eficiência aos tratamentos iniciais e diminuir os tratamentos sequenciais ou permitir uma menor taxa de aplicação do ingrediente ativo (UNDERWOOD, 2000).

O mais antigo registro do uso de óleo na defesa de plantas foi uma tentativa de emprego do óleo de baleia, com resultados não convincentes. Petróleo bruto, terebintina e querosene foram testados mais tarde e, apesar de mostrarem alguma atividade biológica contra organismos nocivos, foram descartados por serem altamente fitotóxicos. Com o desenvolvimento da indústria petroquímica foram produzidos muitos tipos de destilados, conhecendo-se concomitantemente a reação das plantas aos mesmos, bem como os graus de eficiência biológica (DURIGAN, 1993).

Dentre as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de produtos fitossanitários, pode-se destacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula. Alguns outros benefícios podem ser citados quando se utilizam os óleos como aditivos, tais como redução da hidrólise do defensivo agrícola na água do tanque e redução da fotodecomposição (DURIGAN, 1993).

Na agricultura, são utilizados dois tipos de óleos: o mineral e o vegetal, esse último proveniente do processamento de sementes (HESS, 1997). Óleos minerais são a mistura de 95% a 98% de óleos de parafina (não fitotóxico) com 2% a 5% de surfactante não-iônico. O propósito do surfactante nesta mistura é emulsionar o óleo na solução pulverizada e abaixar a tensão superficial. Acredita-se que os óleos minerais promovam a penetração dos defensivos, aumentando a cobertura da pulverização e a absorção através da cutícula encerada. São tradicionalmente mais usados no controle de inseto e de doença do que na aplicação com herbicidas (CURRAN et al., 1999).

Atualmente, estão disponíveis os óleos concentrados ("crop oil concentrate"), com uma concentração maior de surfactante (15% a 20%), os quais são utilizados a uma concentração de 1% v/v. Os óleos vegetais são misturas de óleos de algodão, soja, girassol, milho e canola com surfactantes. Geralmente, apresentam uma cadeia carbonada de 16 a 18 carbonos e, por serem altamente refinados, não são fitotóxicos. A partir dos óleos vegetais podem ser produzidos os óleos metilados. Mediante reações com álcoois para formar ésteres, ao serem combinados com um surfactante, formam um óleo metilado. Os óleos metilados reduzem a tensão superficial e aumentam a absorção de certos defensivos ao melhorar sua distribuição sobre a superfície foliar. Os óleos metilados são mais caros que os óleos vegetais e os óleos minerais, e seu uso ainda não está generalizado (CONTIERO, 2005).

Outro fato de grande importância é a possibilidade do uso de produtos com óleo de soja, como coadjuvante na aplicação de defensivos agrícolas, principalmente em culturas perenes ou em culturas anuais de ciclo longo, como é o caso da cana-de-açúcar (CORRÊA, 2005). Ainda o mesmo autor, cita que outra aplicação é a utilização em solos arenosos, como é o caso dos solos do cerrado e do Nordeste que, devido ao baixo teor de matéria orgânica e argila, proporcionam baixa adsorção, permitindo que o pesticida lixivie, contaminando águas subterrâneas.

Dentre as principais reações envolvidas nos processos de transformação está a oxidação de pesticida, uma das mais importantes e básicas dentre as reações metabólicas, que ocorre frequentemente em microrganismos.

De acordo com Lawson (1995), os óleos naturais e gorduras de origem vegetal contêm substâncias capazes de inibir a oxidação. Dentre os antioxidantes universalmente distribuídos, o α -tocoferol é o mais importante, abundante e ativo isômero, mas, em adição a essa vitamina, três outros tocoferóis com atividade biológica são encontrados nos alimentos: β -, γ - e δ -tocoferol.

Óleos, acrescidos de emulsificantes e outros componentes, tem grande uso como adjuvantes às caldas de herbicidas. Dentre as suas principais vantagens, pode-se destacar a maior facilidade de penetração do herbicida através da cutícula (CORRÊA, 2008).

Adjuvantes em pulverizações agrícolas são utilizados para vários propósitos tal como adesivos, redutores de deriva, espalhantes e penetrantes (CHAPPLE et al., 1993). Os adjuvantes são adicionados à calda de pulverização dos herbicidas com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir o impacto das interferências ambientais, melhorar sua performance, pela alteração na permeabilidade das membranas foliares, melhorar o molhamento em superfícies hidrorrepelentes e proporcionar um maior contato da calda com cutículas pilosas, facilitando a penetração (STOUGAARD, 1997; MONTÓRIO, 2001).

4.2 Características físico-químicas da calda de pulverização

O molhamento, a tensão superficial, o balanço hidrofílico-lipofílico (BHL), a concentração micelar crítica, o pH, a estrutura química, a solubilização, o depósito, a

fotoproteção, os íons trocáveis, a dose e a fitotoxicidade são algumas propriedades dos adjuvantes, relacionadas por GREEN; HAZEN (1998), que influenciam na atividade biológica do produto fitossanitário. Algumas propriedades são bastante evidentes em adjuvantes que modificam a orientação das moléculas nas interfaces entre dois líquidos ou entre líquido e superfície vegetal, neste caso, os surfactantes (DURIGAN, 1993).

Green (2001) menciona que os fatores que interferem negativamente no resultado das aplicações dos produtos fitossanitários, geralmente, são os mesmos que interferem no desempenho dos adjuvantes. Para o autor, as empresas responsáveis pelas formulações de adjuvantes devem realizar muitos testes para definir os limites de sua recomendação. O sucesso da aplicação vai depender da escolha do defensivo certo com o adjuvante certo. O autor lista os fatores que interferem sobre os adjuvantes nas diferentes etapas em que estes produtos costumam agir: durante a mistura no tanque (a compatibilidade e estabilidade da mistura, a qualidade da água, o pH, a formação de espuma, a dispersão e a agitação); na aplicação (forma do jato e a abertura das pontas de pulverização, calibração, pressão, volume perdido por evaporação, vento e velocidade de deslocamento); na deposição (espalhamento das gotas, chuvas, orvalho, umidade, emissão de raios U.V. e superfície do alvo); na retenção (velocidade, ângulo e tamanho da gota, superfície das folhas, arquitetura da planta, tensão superficial e viscosidade); na penetração (idade e densidade das folhas, composição e estrutura da planta, propriedades físico-químicas e solubilidade das gotas e condições ambientais).

Algumas das propriedades físicas e químicas das caldas de pulverização são sensíveis as alterações, como a tensão superficial, a viscosidade, a condutividade elétrica e o pH. Como exemplo, a condutividade elétrica da calda é medida através de íons dissociados nas soluções (RHEINHEIMER; SOUZA, 2000), sendo que as caldas de pulverização de baixa condutividade elétrica praticamente não requerem correção de pH na pulverização dos herbicidas, uma vez que os próprios herbicidas com caráter ácido quando colocados no tanque de pulverização diminuem o pH da calda. No que se refere às propriedades físicas, Christofolletti (1999) descreve que fluidos com maior viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização. Portanto, a pulverização de líquidos que tenham maior viscosidade e maior tensão superficial produz gotas maiores.

4.2.1 Efeito dos adjuvantes na tensão superficial

A tensão superficial é definida como a tendência de as moléculas na superfície de um líquido ser atraídas para o centro do corpo. As forças de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido são responsáveis pela tensão superficial. As moléculas da superfície, não tendo moléculas na parte superior, apresentam forças de atração maiores com suas moléculas vizinhas, tendendo a minimizar a área superficial devido ao excesso de energia localizada (KOGAN; PÉREZ, 2003).

Segundo Kogan e Pérez (2003), a tensão superficial é característica de cada substância. A tensão superficial da água a 25°C é de $72 \times 10^{-5} \text{ N cm}^{-1}$, ou seja, é necessária uma força equivalente a $72 \times 10^{-5} \text{ N}$ para romper uma camada superficial de água de um centímetro de comprimento. Com o aumento da temperatura, as forças de atração (eletrostáticas) entre moléculas vizinhas na superfície de um líquido diminuem e, conseqüentemente, diminui a tensão superficial.

Silva et al., (2006) relataram que a tensão superficial é a força que existe na superfície dos líquidos. Essa tensão se deve às fortes ligações intermoleculares, as quais dependem das diferenças elétricas entre as moléculas, e pode ser definida como a força por unidade de comprimento que duas camadas superficiais exercem uma sobre a outra. O efeito da tensão superficial está presente em diversos segmentos industriais, como os de cosméticos, de materiais de limpeza, de tintas e de defensivos agrícolas. Na área dos defensivos agrícolas o seu efeito é fundamental para o desenvolvimento de formulações e para a eficácia nas aplicações em campo. Nas formulações, é importante a presença de compostos que reduzem a tensão superficial, facilitando o contato entre os diversos componentes de um produto formulado, promovendo a diluição do produto em água e aumentando a estabilidade da solução obtida (BIANCO, 1985).

Mendonça et al. (2007) avaliaram a tensão superficial estática de óleos minerais (Assist, Attach, Dytrol, Iharol, Mineral Oil, Spinner, Sunspray-E, Triona) e óleos vegetais (Agrex'oil vegetal, Crop Oil, Natur'1 Oil, Óleo Vegetal Nortox e Veget Oil) utilizados na agricultura, em concentrações que variaram de 0,025% a 3% v/v. Dos óleos

minerais avaliados, em concentrações acima de 1% v/v, os valores de tensão superficial foram semelhantes, com exceção do Sunspray-E que apresentou valores entre $69,70 \text{ mN m}^{-1}$ (1% v/v) a $70,52 \text{ mN m}^{-1}$ (2,5% v/v). Entre os óleos vegetais, em concentrações acima de 1% v/v, os valores de tensão superficial também foram semelhantes entre eles, tendo como exceção o Óleo Vegetal Nortox que apresentou os mais altos valores variando entre $51,89 \text{ mN m}^{-1}$ (1% v/v) e $34,58 \text{ mN m}^{-1}$ (3% v/v). Os autores observaram também que os óleos não são tão eficientes em reduzir a tensão superficial em baixas concentrações quando comparados a outros adjuvantes que não contém óleo em sua formulação.

Para Schönherr et al. (1991), os surfactantes, como agentes modificadores das características físico-químicas de soluções, causam alterações na adesão, velocidade de espalhamento, área de molhamento e retenção das gotas pulverizadas sobre as superfícies foliares. O mecanismo de ação dos surfactantes está relacionado com o aumento efetivo da área de contato da gota pulverizada com a superfície foliar, a dissolução ou rompimento de ceras epicuticulares, a prevenção ou retardamento da formação de cristais na gota pulverizada e a promoção da absorção dos compostos pela via estomática (STOCK e HOLLOWAY, 1993). De acordo com Miller e Butler Ellis (2000), essas mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar tanto o processo de formação das gotas quanto o comportamento destas em contato com o alvo.

4.2.2 Efeitos dos adjuvantes no tamanho de gotas de pulverização

O tamanho da gota formada em bicos hidráulicos é determinado pelo modelo de bico, tamanho do orifício da ponta, pressão de trabalho e formulação do defensivo agrícola. Esses fatores estão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que se fixando o volume de aplicação e a área da cultura a ser tratada, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser melhorada com a diminuição do diâmetro das gotas, aumento do fator de espalhamento e da taxa de recuperação destas gotas pelo alvo (COURSHEE, 1967).

Para se expressar numericamente o tamanho e a uniformidade das gotas ou as características do fluxo pulverizado, utiliza-se o parâmetro DMV. O DMV se refere ao diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes ou metades iguais,

isto é: metade do volume das gotas pulverizadas é maior do que o DMV e a outra metade são constituídos de gotas menores que esse valor.

Miller e Butler Ellis (2000) afirmam que caldas com formulações a base de emulsões produzem gotas maiores que as produzidas a partir de caldas com surfactantes. Entretanto, observam que a indução ou a inclusão de ar nas pontas de pulverização tornam o resultado da formação de gotas mais sensível a alterações na calda (tensão superficial e viscosidade) do que com pontas convencionais.

Butler Ellis et al., (1997) avaliaram o efeito de adjuvantes na produção de gotas e verificaram que os adjuvantes provocaram alterações significativas no diâmetro e na velocidade das gotas (para mais ou para menos). Decorrente disto indica ser importante estudar a interação entre as gotas e o alvo, pois esta interação é intensamente afetada pelos tenso-ativos.

Iost (2008) avaliando o efeito de adjuvantes sobre algumas propriedades de soluções aquosas, como tamanho das gotas, tensão superficial dinâmica e ângulo de contato das gotas em diferentes superfícies, natural e artificial, concluiu que a adição dos adjuvantes Silwet L-77 e Antideriva em soluções aquosas, proporcionou aumento no DMV das gotas de pulverização, bem como a redução no volume das gotas com diâmetro menor que 100 μm . Carbonari et al. (2005) realizaram ensaios nos quais foram avaliadas a deposição de cinco tipos de mistura (sem surfatante e com os surfatantes Aterbane e Silwet a 0,05% e 0,1% v/v) utilizando diferentes pontas de pulverização em plantas de *Cynodon dactylon*, e concluíram que a adição de surfatante melhorou consideravelmente a deposição da calda sobre o alvo com as pontas de pulverização selecionadas.

A formação de uma gota é resultado da interação entre a ponta e o líquido de pulverização sendo, o desempenho da ponta susceptível a ser fortemente afetada pelas propriedades dos líquidos e pela adição de adjuvantes (DE RUITER, 2002). Segundo Antuniassi (2009), a utilização de óleos nas caldas tem como função principal de melhorar a penetração e adesão dos defensivos nas folhas.

Uma vez que a pulverização produz gotas de diferentes tamanhos, há a necessidade de se usar critérios técnicos para sua análise e principalmente sua quantificação, podendo-se dessa forma, comparar o tamanho das gotas, produzidos por outros equipamentos (SANTOS, 2007). Assim vários pesquisadores têm utilizado do método de difração de raios

laser para estudo e análise do espectro de gotas produzidas por diferentes equipamentos (FERREIRA et al., 2007; CUNHA et al., 2004). MILLER; BUTTLER ELLIS (2000) citam que análises do tamanho de partículas por métodos a laser já estão bem estabelecidas, sendo mais comuns os métodos Phase Doppler Analyses (PDA) e por difração de raios laser (difração de luz laser de baixo ângulo). Ambos os métodos avaliam gotas no ar, no trajeto entre a ponta de pulverização e o alvo, com sensibilidade para diâmetros sub-micrométricos, extremamente suscetíveis à deriva e à evaporação e muito difíceis de serem avaliados por métodos de captura em superfície, devido à não deposição e à duração efêmera das gotas.

Além da interferência das pontas de pulverização, a deriva e o tamanho das gotas também são fortemente afetados pelas características físico-químicas da calda (BODE et al., 1976). Algumas pesquisas com gotas individualizadas e sob efeitos de condições controladas demonstraram também uma estreita relação entre o tamanho das gotas, características físicas da calda, temperatura, umidade relativa do ar e a taxa de evaporação (AMSDEN, 1962).

A definição de parâmetros como tamanho das gotas e volume de aplicação depende diretamente da relação alvo/defensivo (ANTUNIASSI, 2004). Esses fatores devem ser considerados em primeiro lugar para o planejamento de uma aplicação. Os demais fatores importantes, como o momento da aplicação, as condições climáticas, a recomendação dos agrotóxicos e as condições operacionais devem ser consideradas em conjunto para que todo o sistema esteja ajustado, visando o máximo de desempenho com o mínimo de perdas, sempre com o menor impacto ambiental possível (ANTUNIASSI, 2009).

4.2.3 Qualidade e pH da água usada na pulverização

Muito se tem discutido atualmente sobre a qualidade da água utilizada nas pulverizações, principalmente com relação ao pH (RAMOS; ARAÚJO, 2006). Trabalhos recentes mostram que alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. A máxima absorção e eficiência de herbicidas com caráter de ácido fraco ocorre em pH em que 50% das moléculas encontram-se dissociadas (pKa) (McCORMICK, 1990). Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada,

mantendo a folha úmida por um maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda. Esses resultados alertam para os cuidados que devem ser tomados na utilização dessas águas para a aplicação de herbicidas, uma vez que a eficiência de alguns desses, como é o caso dos grupamentos ácidos do 2,4-D e glifosate, é dependente do pH da calda (WANAMARTA; PENNER, 1989).

O pH da calda é que, via de regra, está associado à incompatibilidade entre produtos. Mesmo assim, hoje é muito comum ver no campo tabelas contendo o pH ideal de ação para diferentes princípios ativos, bem como a vida média dos produtos em diferentes pH's. O pH da água, segundo Kissmann (1997), pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

Vários fatores podem influenciar a qualidade química da água. Um deles, e que tem grande interferência sobre a eficácia dos agrotóxicos, é a “dureza”. A dureza total da água está relacionada aos teores de carbonatos, de sulfatos, de cloretos e de nitratos de vários cátions (BUHLER; BURNSIDE, 1983). Em solução, certo percentual de moléculas solúveis é dissociado em íons. Esses íons livres (Al^{+3} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , NO_3^-) podem combinar-se com moléculas orgânicas (STUMM; MORGAN, 1996), como é o caso da reação dos íons de 2,4-D com Ca^{+2} e Mg^{+2} (NALEWAJA; MATYSIAK, 1992) e da quelação desses íons pelo glifosate (STHALMAN, 1979). Isso diminui a quantidade de ingrediente ativo disponível, que, por sua vez, diminui a eficiência biológica do herbicida (BUHLER; BURNSIDE, 1983; THELEN et al., 1995), além do entupimento das pontas de pulverização, em função da aglutinação e precipitação das partículas.

A dureza é capaz de interferir negativamente na qualidade da calda de agrotóxicos, em função destes, nas suas formulações, utilizarem adjuvantes que são responsáveis pela sua emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) na água, denominados de tensoativos. Tais adjuvantes são sensíveis à dureza, pois atua no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, equilíbrio este que é alterado pela água dura (QUEIROZ et al., 2008).

4.3. Efeito dos adjuvantes na ação de herbicidas

O herbicida atrazina ou atrazine é do grupo químico das triazinas, apresenta fórmula molecular $C_8H_{14}N_5$, massa molecular 215, 7 g mol^{-1} , densidade de $1,187 \text{ g cm}^{-3}$ a 20°C , pressão de vapor de $2,89 \cdot 10^{-7} \text{ mm Hg}$ à 25°C , pK_a de 1,70, K_{ow} de 481 e solubilidade em água é de 33 mg L^{-1} a 27°C (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Os herbicidas triazínicos inibem a atividade do fotossistema II pelo fato de ocorrer a substituição da ligação da plastoquinona com a quinona b. O atrazina substitui a forma oxidada da plastoquinona e ocupa o local de ligação específico no receptor Q_b da proteína D1. Dessa forma a molécula do herbicida está reduzida e não apta a receber elétrons, inibindo a fotossíntese (KLECZKOWSKI, 1993). O atrazina é mais facilmente absorvido pelas raízes das plantas daninhas e transportado exclusivamente via xilema para a parte aérea (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

O herbicida atrazina amplamente utilizado na cultura do milho e em outras culturas no controle em pré ou pós-emergência inicial das plantas daninhas dicotiledôneas e de algumas gramíneas (RIZZARDI et al., 2004).

DOURADO NETO et al. (2003) avaliaram aspectos morfológicos das plantas de milho após a aplicação das misturas de atrazina com dimetenamid, alaclor e metolaclor em pré e pós emergência. Os autores observaram que não houve alterações no comprimento das espigas, diâmetro da espiga, número de espiga por planta e número de grãos por fileira. Entretanto, na cultura do sorgo, as misturas de atrazina com simazine, metolaclor e alaclor reduziram a produtividade. No entanto, a aplicação isolada de atrazina, tanto em pré como em pós emergência na cultura do sorgo, não afetou a produtividade de grãos (MARTINS et al., 2006).

A aplicação de herbicidas é uma das alternativas de maior eficiência no controle de plantas daninhas. Pode-se considerar que o uso do controle químico de plantas daninhas cresceu de forma exponencial, devido fundamentalmente à expansão da fronteira agrícola brasileira (ALVES, 1999). O uso de adjuvantes nas soluções herbicidas para o manejo de plantas daninhas é uma tecnologia amplamente utilizada pelos agricultores nas mais

diversificadas culturas (MACIEL et al., 2011).

Velini et al. (2000), verificaram que o uso de adjuvantes melhorou a eficácia do herbicida glyphosate, onde foi possível reduzir a dose do herbicida em 10,6% e 11,6% quando adicionou 0,1% de concentração de espalhante adesivo Aterbane[®] para obter eficiência de 90% no controle, respectivamente, para a espécie *B. decumbens* e *Panicum maximum*.

Dan et al. (2010) não constataram interação entre formulações de glyphosate associadas aos adjuvantes adicionados à calda de aplicação para o controle de *Digitaria insularis* desde os 7 DAA. Segundo os autores, os adjuvantes não proporcionaram aumento na velocidade de ação do herbicida na planta, e os elevados níveis de controle ($\geq 95\%$) podem estar relacionados à maior sensibilidade da espécie ao herbicida glyphosate em relação à dose utilizada.

Em um estudo realizado por Maciel et al. (2011), avaliando o uso de adjuvantes na aplicação de paraquat e MSMA concluiu que os adjuvantes Agral[®], Silwet[®], Nimbus[®], Naturl`Oleo[®] e Ag Bem[®] elevaram significativamente o controle da infestação de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Setaria geniculata* e *Sorgum bicolor* quando associado aos herbicidas, principalmente por ampliar a velocidade da morte das plantas aos 1, 3 e 7 DAA para o paraquat e melhorar a eficácia do MSMA aos 7, 14 e 21 DAA.

Theisen et al. (2000), visando ao controle de capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), notaram que a dose de 3,0 kg ha⁻¹ de atrazine apresentou 82% de eficácia de controle desta espécie, quando aplicado logo após a semeadura. Para Brighenti et al. (1998), o atrazine foi eficiente no controle de *Sida rhombifolia*, entretanto, não controlou, eficientemente, a *Brachiaria plantaginea*. Já o herbicida metolachlor controlou, satisfatoriamente, além da *B. plantaginea*, as espécies *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis* e *Commelina benghalensis*. Ao associar os herbicidas atrazine e metolachlor, Barros et al. (2000) obtiveram maior espectro de controle das plantas daninhas.

Timmerman (1989) verificou que a tolerância das plantas de milho e sorgo ao herbicida atrazine foi devido a enzima glutathione transferase que facilitava a detoxificação deste herbicida via conjugação glutathione redutase. Esta enzima foi encontrada em maiores quantidades até 30 dias após a semeadura da cultura do milho quando tratado com atrazine, em diferentes estágios de crescimento das plantas (HATTON et al., 2006).

A ocorrência de chuva após a aplicação de herbicidas é um dos fatores determinantes para a caracterização do desempenho no controle de plantas daninhas. Dependendo do mecanismo de ação do herbicida e da época de aplicação, o intervalo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuva pode ser de fundamental importância para o seu desempenho (ANTUNIASSI et al., 2010)

4.4 Análise da taxa de transporte de elétrons (ETR)

No processo fotossintético, a luz é absorvida por pigmentos do complexo-antena, que, excitados, transferem energia para os centros de reação dos fotossistemas I e II (P_{700} e P_{680} , respectivamente) (YOUNG; FRANK, 1996). Quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência da clorofila (KRAUSE; WINTER, 1996), sendo essa uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas da planta sob estresse. A redução na dissipação da energia pelo processo fotoquímico é refletida por incremento correspondente na fluorescência, a qual pode ser observada ainda em folhas intactas (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

Há evidências de que muitos inibidores de processos metabólicos, que não estão diretamente ligados ao processo fotossintético, podem causar modificações na cinética da fluorescência (CHRISTENSEN et al., 2003; XIA et al., 2006). Em função da aplicação de herbicidas, mesmo quando o sintoma ainda não é visível, ocorrem injúrias causadas ao aparelho fotossintético, reduzindo a capacidade de realização de fotossíntese pela planta (BARBAGALLO et al., 2003); essa alteração pode ser avaliada através da análise da fluorescência da clorofila *a* (CATUNDA et al., 2005). Dessa forma, a inibição de reações metabólicas não envolvidas diretamente na fotossíntese pode modificar a síntese de intermediários utilizados no processo fotossintético e, assim, interferir na fotossíntese e na emissão de fluorescência (BAKER; ROSENQVIST, 2004).

Em plantas sob condições de estresse, a menor eficiência fotossintética pode ser causada pela menor dissipação de energia através do transporte de elétrons, ocasionando um declínio na eficiência quântica do PSII e na taxa de transporte de elétrons

(ETR), sendo às vezes associados ao aumento na extinção não-fotoquímica da fluorescência e no “pool” de zeaxantina (HAVAUX; NIYOGI, 1999; OSMOND, 1994).

Dayan et al. (2009), monitorando o ETR em plantas de milho, *Digitaria sanguinalis* e *Abutilon theophrasti*, quando submetidas à aplicação de amicarbazone e atrazine, observou que a taxa de transporte de elétrons para *Digitaria sanguinalis* e *Abutilon theophrasti* foi completamente inibida com oito horas após a aplicação do herbicida, enquanto o milho manteve uma redução de aproximadamente 70% e 30% do ETR fotossintético com 24 horas após a aplicação do amicarbazone e atrazine respectivamente, sendo o milho mais tolerante aos herbicidas testados quando comparado às plantas daninhas.

Foi avaliada em um estudo a tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós emergência na soqueira da cultura por Souza et al. (2009), sendo detectada uma pequena redução no transporte de elétrons do PSII na fase inicial de desenvolvimento da cultura, o que não foi suficiente para prejudicar a altura, estande, produção e qualidade tecnológica das diferentes cultivares de cana-de-açúcar estudadas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Tratamentos.

O estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da adição de óleos vegetais e minerais como adjuvante à calda de pulverização para a determinação das características físico-químicas dessa calda, assim como a ação da mesma sobre a eficácia de herbicida no controle de plantas daninhas. Para isso foram utilizados os produtos descritos na Tabela 1, sendo esses adicionados ao herbicida atrazina (Gesaprim 500[®]) para a composição dos tratamentos utilizados (Tabela 2) durante todas as etapas dos trabalhos.

Tabela 1. Produto, fabricante e concentrações de ingrediente ativo. Botucatu/SP 2011.

Produto	Registrante	Concentração i.a.
Gesaprim 500[®] SC	<i>Syngenta</i>	500 g de atrazina L ⁻¹
Natur'l Óleo[®]	<i>Stoller do Brasil Ltda</i>	93% de óleo vegetal L ⁻¹
Agr'Óleo[®]	<i>Gota Indústria e Comércio Ltda</i>	97% de óleo vegetal L ⁻¹
Assist[®]	<i>Basf S. A.</i>	75,6% de óleo mineral L ⁻¹

Tabela 2. Descrição dos tratamentos estudados. Botucatu/SP 2011.

	Tratamentos	Dose Atrazina (g i.a ha ⁻¹)	Dose Adjuvante (% v/v)
1	Gesaprim 500 [®]	2250	---
2	Gesaprim 500 [®] + Natur'1 Óleo [®]	2250	0,5
3	Gesaprim 500 [®] + Agr'Óleo [®]	2250	0,5
4	Gesaprim 500 [®] + Assist [®]	2250	0,5

As caldas foram preparadas com água encanada da rede de abastecimento local a 22°C. Esta água foi utilizada para diluir os herbicidas e adjuvantes dos tratamentos em estudo. As caldas foram sempre preparadas no mesmo dia da aplicação.

Para realizar as aplicações, os tratamentos foram preparados anteriormente realizando uma pré-mistura do herbicida ao adjuvante para que houvesse uma homogeneidade no preparo antes de ser dissolvido em água. Todos os cálculos para a composição dos tratamentos, foram obtidos através de um consumo de calda correspondente a 100 L ha⁻¹. Estes tratamentos foram utilizados para todos os experimentos a seguir.

5.2 Características físico-químicas da calda de pulverização.

5.2.1 Tensão superficial da calda.

O estudo da tensão superficial foi realizado no laboratório de Matologia pertencente ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu.

A tensão superficial das soluções foi estimada através de medição das massas de conjuntos de 50 gotas por repetição (quatro repetições), utilizando-se balança analítica com precisão de 0,1 mg. As gotas foram depositadas em um béquer sobre a balança, com uma camada de 3 cm de óleo vegetal, para evitar perdas por evaporação.

As gotas foram obtidas com auxílio de um sistema de produção de microfluxos desenvolvido por Corrêa e Velini (2002). O sistema é constituído de um motor, uma seringa de 3 mL e um capilar (utilizado em cromatografia), que possibilitou trabalhar

com a solução no plano horizontal e a uma velocidade constante predeterminada, aumentando a uniformidade de gotas dentro dos tratamentos (Figura 1).

O peso das gotas foram convertidos para tensão superficial, considerando uma média do peso de gotas da água destilada como $0,0726 \text{ N m}^{-1}$ (Newtons/metros), conforme metodologia desenvolvida por Costa et al. (1997). Os dados relativos à tensão superficial foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).



Figura 1. Sistema de produção de microfluxos e gotas para determinação da tensão superficial. Botucatu/SP 2011

5.2.2 Efeito dos adjuvantes sobre o pH da calda.

O estudo da avaliação do pH das caldas de pulverização foi realizado no laboratório de Matologia pertencente ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu.

Foi realizado o preparo das caldas conforme descrito no item 5.1 e imediatamente após o agitação para mistura dos ingredientes ativos para a formação da calda, essa foi acondicionada em copos plásticos de 300 ml de volume, para facilitar a leitura do pH, em quatro repetições. Foi utilizado um pHmetro de bancada do modelo Corning 450 (Figura

2). O pH da água utilizada na calda foi de 7,03 medido anteriormente.

Os dados do pH foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).



Figura 2. pHmetro de bancada do modelo Corning 450 utilizado nas avaliações. Botucatu/SP 2011.

5.2.3. Efeito do pH e tempo sobre a tensão superficial.

O estudo da influência dos adjuvantes, do pH e do tempo de preparo das caldas de pulverização sobre a tensão superficial, foi realizado no laboratório de Matologia pertencente ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu.

As caldas foram preparadas com água encanada da rede de abastecimento local a 20°C e pH de 7,01. Foram utilizados copos Becker de vidro com 2 litros de capacidade, no qual foi adicionada a água no pH inicial, e com o auxílio de um pHmetro de bancada do modelo Corning 450 e um agitador magnético, foi monitorado o pH durante a adição de hidróxido de sódio (NaOH) para a elevação do mesmo a pH 9,0. O mesmo procedimento foi

realizado em outro Becker para a redução desse pH para 3,0 com a adição de ácido clorídrico (HCl). Durante o período de avaliação o pH das soluções se manteve estável.

Depois de alcançado os valores de pH desejados da água a ser acrescentada nos tratamentos, as caldas foram preparadas de acordo com os procedimentos descritos no item 5.1. Com as caldas preparadas em diferentes pHs de água, foi realizada a determinação da tensão superficial através da metodologia descrita no item 5.2.1. Essa medição foi realizada imediatamente após o preparo das caldas (tempo zero) e nos períodos de 1, 3, 6, 12, e 24 horas após o preparo.

De acordo com os dados obtidos, foi realizada uma correlação das médias da tensão superficial de todos os tratamentos nos diferentes valores de pH com o os diferentes períodos avaliados, pois o comportamento dos mesmos durante o período de avaliação manteve-se constante para todos os tratamentos independente da adição ou não de adjuvantes. Com essas médias estabelecidas, realizou-se com auxílio do programa Sigma Plot (Systat Software Inc., San Jose, California, USA), versão 11, uma regressão linear com a seguinte equação de reta:

$$y = a - (bx),$$

onde y representa as médias da tensão superficial dos tratamentos (mN.m^{-1}), b é o coeficiente de inclinação da reta, e x representa o tempo de preparo das caldas (h).

5.2.4 Evaporação da calda.

O presente estudo foi realizado no laboratório de Matologia pertencente ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Campus de Botucatu.

As caldas foram preparadas de acordo com o item 5.1, e com o auxílio de uma micropipeta da marca Gilson, a calda foi imediatamente acondicionadas em uma placa de vidro com uma área de $0,002 \text{ m}^2$ no volume constante e estipulado de $100\mu\text{L}$ por placa. Foram utilizados quatro tratamentos herbicidas como descrito na Tabela 2 com 10 repetições, totalizando 40 placas no estudo.

Logo após o preparo das placas, as mesmas foram pesadas imediatamente em uma balança analítica com precisão de 0,1 mg. As mesmas obtiveram uma sequência de pesagem estipulada para que não houvesse interferência dos dados ao longo das avaliações, nas quais eram pesadas em tempos estipulados de 1 minuto para cada tratamento, totalizando a pesagem das placas em aproximadamente 5 minutos, mantendo-se assim uma padronização da aplicação e da pesagem. (Figura 3)

Os períodos pesagem das placas foram de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; e 3,0 horas após a aplicação nas placas. A temperatura do laboratório foi monitorada e variou entre $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, assim com a umidade relativa do ambiente que se manteve a 70%.

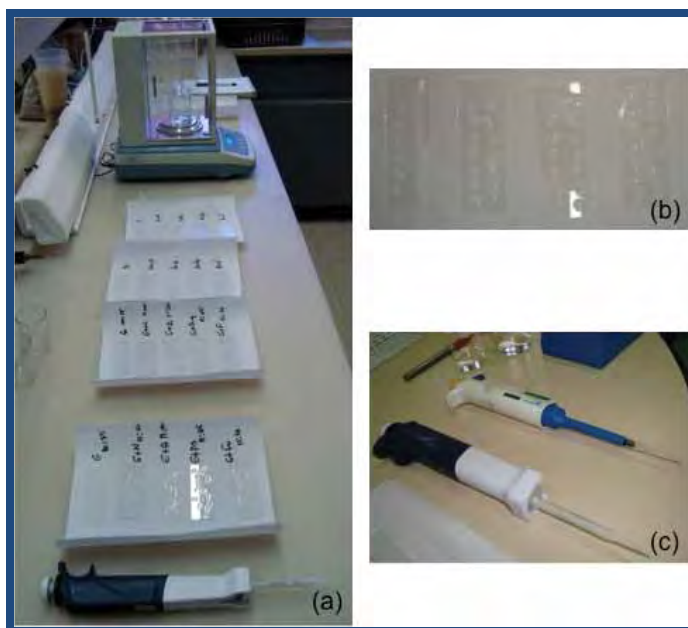


Figura 3. Avaliação do peso das placas para quantificação da evaporação (a), visão geral das placas com aplicação dos tratamentos (b), micropipeta utilizada para aplicação dos tratamentos (c). Botucatu/SP 2011.

Com os dados obtidos através do peso das placas em gramas, no intervalo de tempo, houve a necessidade de se transformar os dados em porcentagem, admitindo-se não ter havido evaporação das caldas estudadas no tempo zero.

A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa SigmaPlot, versão 11, e para a análise de regressão dos mesmos, adotou-se o modelo

representado pela equação de Mitscherlich. O modelo empregado encontra-se representado na Figura 4. Modelo de Mitscherlich: $Y = A \cdot [1 - 10^{-C \cdot (X + B)}]$; onde: Y = Porcentagem de evaporação em relação ao tempo zero; A = Assíntota horizontal máxima alcançada no modelo original; C = concavidade da curva; B = Ponto de interceptação do eixo das abscissas (B=0); X = Tempo em horas; 100 - A = Assíntota horizontal mínima alcançada no modelo utilizado.

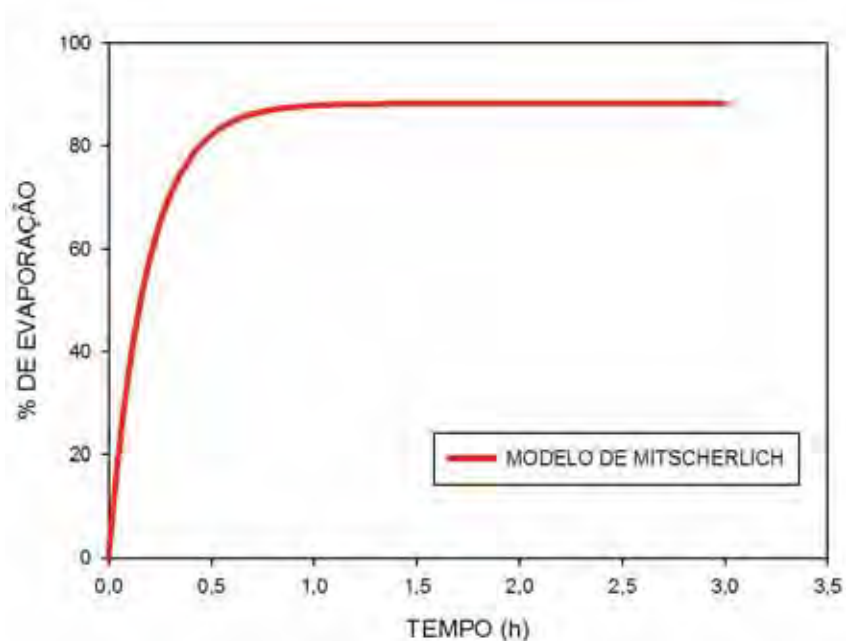


Figura 4. Caracterização do Modelo de Mitscherlich utilizado nas análises de regressão, Botucatu/SP 2011.

5.2.5 Tamanho de gotas.

A análise do espectro de gotas foi realizada no Laboratório de Análise de Partículas (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade - Tratamento Fitossanitário da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal.

Foram preparados 2 litros de calda de cada tratamento de acordo com o

item 5.1. A análise do espectro de gotas foi realizada utilizando-se um analisador de partículas Mastersizer S[®], da Malvern Instruments Ltd (Figura 5). O diâmetro das gotas do espectro pulverizado é determinado através do desvio de trajetória sofrido pelos raios de um feixe de laser ao atingi-las. O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999). Foram utilizadas três pontas de pulverização do modelo jato plano DG 11002 VS selecionadas ao acaso em um lote de seis exemplares. Para cada ponta foram realizadas três leituras do espectro de gotas, representando as repetições, em delineamento inteiramente casualizado.

As condições atmosféricas no momento das análises eram de 25°C e aproximadamente 60% de umidade relativa, no momento das aplicações a sala de análise permaneceu com as luzes apagadas até o final das avaliações.

As pontas de pulverização foram posicionadas a 400 mm do feixe de laser para analisar em duas dimensões através do plano horizontal (FAO, 1996). Cada ponta foi instalada em um transportador radial, permitindo que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso em três segundos.

Segundo Cunha et al. (2004) este tipo de analisador baseia-se na medição da luz - feixe de laser disperso durante a passagem das gotas pela região de amostragem do aparelho. O aparelho dispõe de unidade óptica que detecta padrão de difusão da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que o feixe sofre depende do tamanho de partícula. Quanto menor a partícula, maior o grau de difusão que o feixe sofre.

Foi utilizada a pressão de 200 kPa promovida por meio de um pulverizador pressurizado a ar comprimido (pressão constante). As variáveis avaliadas foram o diâmetro médio volumétrico (DMV) e a porcentagem de gotas com diâmetros inferiores a 100 μm .

Os valores médios do DMV e da % de gotas menores que 100 μm , foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).



Figura 5. Sistema de laser medidor do tamanho de gotas do modelo Mastersizer. Jaboticabal/SP 2011.

5.3 Efeitos da adição de adjuvantes na ação da atrazina.

Três experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu/SP. O local do experimento apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22°07'56'' S, longitude de 74°66'84'' W e altitude de 762 m.

As parcelas experimentais corresponderam a vasos de capacidade de 2 litros (15cm x 15cm), sendo a temperatura controlada variando de 24 a 28°C. Os tratamentos utilizados nesses experimentos estão descritos no item 5.1. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura média, coletado na unidade Patrulha da Fazenda Lageado – Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu (SP). A área possui um histórico de nenhuma aplicação de herbicida na área de coleta. Após a coleta, o solo foi seco a sombra por um período de 48 h, depois disso, foi peneirado em peneira com malha de 200 mesh e adubado de acordo as necessidades iniciais de desenvolvimento das plantas. Nas

tabelas 3 e 4 estão apresentados as análises químicas e granulométricas do solo do experimento que foi realizado no Departamento de Solos da FCA/UNESP – Botucatu.

Tabela 3. Análise química do solo utilizado nos experimentos. Botucatu/SP, 2011.

Solo	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P res. Mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³					V (%)	
				K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	SB		T
LVd	4,3	19	1	0,6	10	4	58	14,6	73	21

Tabela 4. Análise granulométrica do solo utilizado no experimento. Botucatu/SP, 2011.

Granulometria (%)	Classe de Solo						Classe textural
	Argila	Limo	Areia			Total	
			Fina	Média	Grossa		
LVd	20	4	22,9	35,7	17,4	76	Média

Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um equipamento instalado no laboratório do NuPAM, como demonstrado na Figura 6, o qual é constituído de uma estrutura metálica com 3 m de altura por 2m de largura, que permite acoplamento de um “carrinho” suspenso a 2,5 m de altura. A esse carrinho encontram-se duas barras de pulverização, uma responsável pelo sistema de simulação de chuva e a outra pelo sistema de pulverização de defensivos agrícolas, as quais se deslocam por uma área útil de 6 m² no sentido do comprimento do equipamento. O tracionamento de ambas as barras é realizado por meio de correntes e engrenagens, com auxílio de um motor elétrico, cujo ajuste é dado por um modulador de frequência, permitindo a obtenção de velocidade constante previamente determinada.

A barra de pulverização foi constituída por quatro pontas de pulverização DG 11002 VS, espaçadas entre si em 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais. Para a simulação da chuva, foi utilizado um sistema de bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático, a qual bombeia água armazenada de um reservatório, com capacidade para 1.000 L, até a barra e bicos responsáveis pela formação de gotas de chuva (Figura 6).

A barra de simulação de chuva é constituída por três bicos de pulverização TK-SS-20 de alta vazão, espaçado de 0,5m entre eles e posicionados para

proporcionar uma melhor uniformidade da precipitação simulada na área aplicada e encontra-se a 1,45 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais. Este sistema foi operado com velocidade de deslocamento de $0,187 \text{ km h}^{-1}$ (2,5 Hertz no modulador de frequência) e pressão de trabalho de $0,81 \text{ kgf s}^{-2}$.

Estas especificações proporcionaram a produção de gotas artificiais de chuva com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 1.140 micras, conforme informações do fabricante da ponta de pulverização (Spraying Systems Co.) e cada passada, ou seja, cada lâmina aplicada correspondeu a aproximadamente 2,5 mm de chuva.

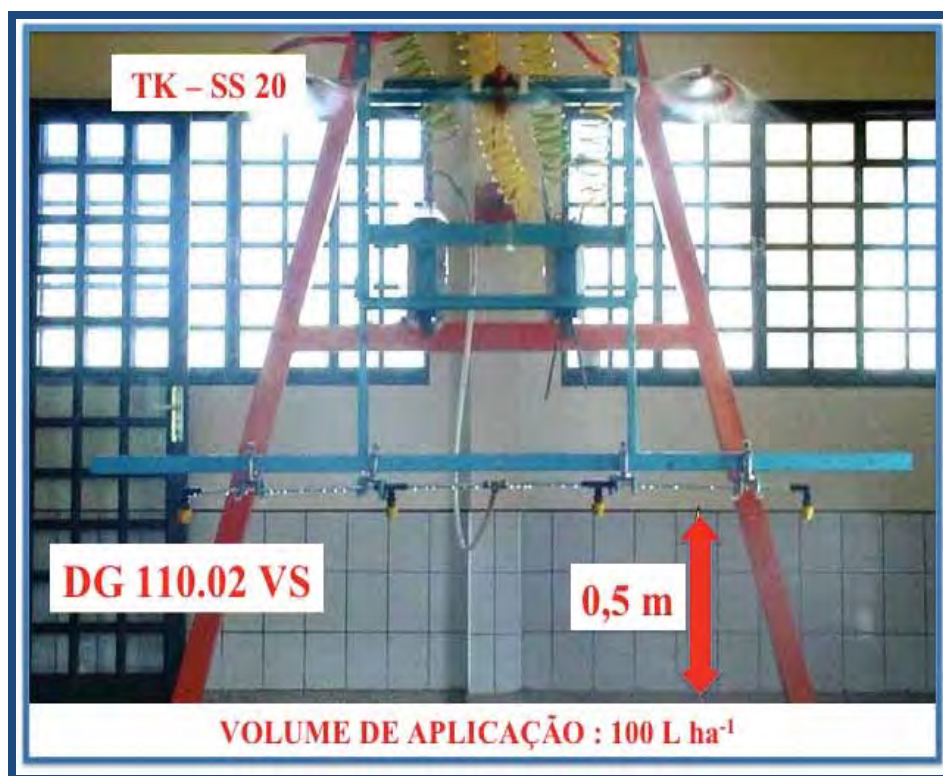


Figura 6. Equipamento de aplicação de herbicida e simulador de chuva. Botucatu/SP 2011.

5.3.1 Eficácia de controle de plantas daninhas.

Esse estudo foi conduzido em casa-de-vegetação com a finalidade de avaliar a eficácia de controle do herbicida Gesprim 500 aplicado isolado ou associado à adjuvantes no controle de quatro espécies de plantas daninhas de acordo com os tratamentos apresentados no item 5.1.

Os vasos apresentavam dimensões de 15 x 15cm (0,0225m²), com capacidade para dois litros de solo. As espécies de plantas daninhas utilizadas no experimento foram semeadas em conjuntos nos vasos, sendo o primeiro: *Ipomoea grandifolia* + *Brachiaria plantaginea* e o segundo: *Merremia cissoides* + *Euphorbia heterophylla*. Adicionaram-se quantidades de sementes para que se obtivesse 25 plantas de cada espécie por vaso. Realizou-se uma adubação de correção do solo para que as condições de fertilidade fossem melhoradas e proporcionasse uma melhor manutenção e desenvolvimento das plantas daninhas.

Após a semeadura, foi realizado uma simulação de chuva no volume de 20mm, com o objetivo de promover o umedecimento do solo afim de que as plantas emergissem naturalmente após uma precipitação. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência quinze dias após a emergência das plantas, as quais apresentavam de 2 a 4 folhas definitivas como segue no esquema apresentado na Figura 7.



Figura 7. Etapas da montagem do experimento de controle de plantas daninhas.

Botucatu/SP 2011.

Durante o estudo, os vasos foram mantidos com umidade próxima à capacidade de campo, sendo a aplicação de água feita com auxílio de uma piceta, de modo a não promover a movimentação do herbicida da parte aérea da planta para o solo.

O controle das espécies de plantas daninhas foi determinado por meio de uma escala visual e percentual de notas, variando de zero a 100. Nesse caso, zero consistia em nenhum controle e 100% era a porcentagem de controle total das espécies daninhas (SBCPD, 1995). As avaliações foram realizadas até o desaparecimento ou a estabilização dos sintomas de fitointoxicação aos 7,14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Ao final do experimento as plantas não controladas pelos tratamentos foram retiradas dos vasos e secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até apresentar peso constante, após esta etapa, pesada em balança analítica para obter a biomassa seca das plantas não controladas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F (5%) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).

5.3.2 Influência de chuva no controle de plantas daninhas

O presente estudo foi conduzido em casa-de-vegetação com a finalidade de avaliar o efeito da simulação de chuva na lavagem dos produtos aplicados no controle de quatro espécies de plantas daninhas.

Foram utilizados unidades experimentais com dimensões de 15 x 15cm (0,0225m²), com capacidade para dois litros de solo. As espécies de plantas daninhas utilizadas foram *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea* as quais foram semeadas em conjuntos nos vasos.. Adicionaram-se quantidades de sementes para que se obtivesse 25 plantas de cada espécie por vaso. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

Após a semeadura, foi realizado uma simulação de chuva no volume de 20mm, com o objetivo de promover o umedecimento do solo afim de que as plantas

emergissem naturalmente após uma precipitação. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência quinze dias após a emergência das plantas, as quais apresentavam de 2 a 4 folhas definitivas.

O presente estudo foi dividido em duas etapas, a fim de observar o efeito da simulação de chuva sobre as plantas emergidas e tratadas uma hora após a aplicação dos tratamentos. Portanto uma hora após a aplicação dos tratamentos foi realizada em um conjunto de vasos, uma simulação de chuva no volume de 20mm, e em outro conjunto de vasos das mesmas espécies e com o mesmo tempo decorrido de aplicação e de emergência de plantas, foi realizada outra simulação de 40mm de chuva.



Figura 8. Simulação de chuva nos vasos 24 horas após aplicação. Botucatu/SP 2011.

Logo após a simulação das chuvas, os vasos foram colocados na casa-de-vegetação, e sempre mantidos com umidade próxima à capacidade de campo, sendo a irrigação feita com auxílio de uma piceta, de modo a não promover nenhuma movimentação do herbicida da parte aérea da planta com o solo.

O controle das espécies de plantas daninhas foi determinado por meio de uma escala visual e percentual de notas, variando de zero a 100. Nesse caso, zero consistia em nenhum controle e 100% era a porcentagem de controle total das espécies daninhas

(SBCPD, 1995). As avaliações foram realizadas em um período inicial dos sintomas de fitointoxicação aos 7 e 14 dias após a aplicação para não haver interferência da possibilidade do herbicida ter sido absorvido via radicular, ou seja, nesse período inicial a absorção foliar é mais acentuada, sendo o objetivo do estudo avaliar a possibilidade da retirada do produto das folhas de acordo com a intensidade das chuvas.

Os dados foram submetidos ao teste F pela análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).

5.3.3 Avaliação da velocidade de absorção

Este experimento teve como objetivo determinar velocidade da absorção de ingrediente ativo através da avaliação da inibição da fotossíntese com aplicação dos tratamentos apresentados no item 5.1, sendo correlacionado com o controle visual das espécies estudadas.

Foram utilizados unidades experimentais com dimensões de 15 x 15 cm (0,0225m²), com capacidade para dois litros de solo. As espécies de plantas daninhas utilizadas foram *I. grandifolia* e *B. plantaginea* as quais foram semeadas em conjuntos nos vasos. Adicionaram-se quantidades de sementes para que se obtivesse 20 plantas de cada espécie por vaso. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

Após a semeadura, foi realizado uma simulação de chuva no volume de 20mm, com o objetivo de promover o umedecimento do solo afim de que as plantas emergissem naturalmente após uma precipitação. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós-emergência quinze dias após a emergência das plantas, as quais apresentavam de 2 a 4 folhas definitivas.

Após a aplicação dos tratamentos, foi avaliada a taxa de transporte de elétrons (ETR) por meio de leituras na porção mediana das folhas com um fluorômetro portátil Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Sciences) (Figura 9 e 10), imediatamente após a aplicação e em períodos de 1, 3, 6 e 12 horas.



Figura 9. Painel frontal do fluorômetro portátil OS5p. Botucatu/SP - 2010



Figura 10. Avaliações iniciais com o uso do fluorômetro nas espécies de *I. grandifolia* e *B. plantaginea* (A e B); avaliações aos 14 DAA nas espécies estudadas (C e D). Botucatu/SP 2011.

Segundo Araldi 2010, com o fluorômetro é possível registrar o comportamento da fase inicial da fotossíntese, que é o transporte de elétrons no PSII, sendo este o sítio de ação da atrazina.

Logo em seguida, o mesmo monitoramento foi realizado durante 1, 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação, sendo esses valores correlacionados com as avaliações visuais de controle das plantas daninhas, segundo escala percentual de notas, onde “0” corresponde a nenhuma injúria e “100” significa a morte das plantas, conforme SBCPD (1995).

Os dados da porcentagem de controle das espécies foram submetidos ao teste F pela análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.0 (FERREIRA, 2000).

Como o parâmetro ETR, determina a taxa de transporte de elétrons no PSII, o uso do valor do ETR permite detectar o efeito da atuação do herbicida em nível de concentração de 0,5 micromoles dm^{-3} , enquanto o método tradicional, que inclui a medição do parâmetro F_v/F_m , permite detectar apenas em um nível de concentração que é 100 vezes maior (VAN OORSCHOT e VAN LEEUWEN, 1992, KORRES et al., 2003, ABBASPOR et al., 2006).

As análises dos dados de ETR nas primeiras horas e posteriormente correlacionado ao controle, foi realizada com auxílio do programa SigmaPlot, versão 11, e para a análise de regressão dos mesmos, adotou-se o modelo representado pela equação de Mitscherlich. Para que o modelo de Mitscherlich se ajustasse aos dados obtidos, houve a necessidade de modificá-lo (Figura 11). Modelo original: $Y = A \cdot [1 - 10^{-C \cdot (X + B)}]$; Modelo utilizado: $Y = 100 - A \cdot [1 - 10^{-C \cdot (X + B)}]$; onde: Y = Porcentagem do ETR em relação a testemunha; A = Assíntota horizontal máxima alcançada no modelo original; C = concavidade da curva; B = Ponto de interceptação do eixo das abscissas (B=0); X = Tempo (horas ou dias após aplicação); 100 - A = Assíntota horizontal mínima alcançada no modelo utilizado.

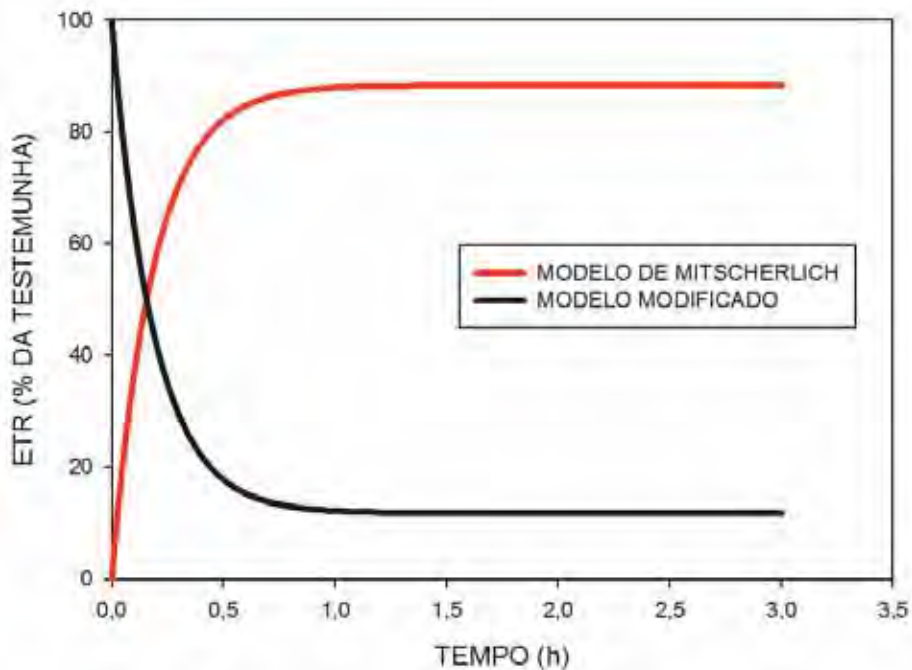


Figura 11. Caracterização do Modelo de Mitscherlich modificado utilizado nas análises de regressão, Botucatu/SP 2011.

De acordo com os dados obtidos, foi realizada uma correlação das médias da porcentagem de controle das plantas daninhas com as médias da porcentagem de ETR de todos os tratamentos, pois o comportamento dos mesmos durante o esse período de avaliação mantiveram-se coerentes aos resultados obtidos. Com essas médias estabelecidas, realizou-se com auxílio do programa SigmaPlot, versão 11, uma regressão linear dos mesmos, adotando-se equação:

$$y = a - (bx),$$

onde, y representa as médias das porcentagens do ETR de todos os tratamentos, b é o coeficiente de inclinação da reta, e x representa a porcentagem de controle da planta daninha.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Características físico-químicas da calda de pulverização.

6.1.1 Tensão superficial da calda

Na Tabela 8 e na Figura 15 estão apresentados a análise de variância dos dados e os valores da tensão superficial (mN.m^{-1}) dos tratamentos herbicidas. Observa-se que os tratamentos no qual o herbicida atrazina foi aplicado isolado ou associado ao óleo mineral Assist[®], apresentaram um valor superior, com médias acima de 53 nN.m^{-1} quando comparado aos outros tratamentos com óleos vegetais.

Os tratamentos com os óleos vegetais Natur'l Óleo[®] e Agr'Óleo[®] proporcionaram uma menor tensão superficial quando associado ao herbicida atrazina o que é favorável a um melhor espalhamento e adesão das gotas de pulverização, evitando escorrimento ou outros tipos de perda desses produtos. Os dados corroboram com Mendonça et al., (2007) em que esse produto também se comportou como um bom redutor de tensão superficial. Também uma menor tensão superficial permite, ainda, transpor obstáculos como a presença de pelos foliares; com isso, aumenta a quantidade de princípio ativo que atinge as áreas de absorção (MARTINS et al., 2005).

Observa-se também que a tensão superficial da água apresenta valores superiores significativos aos tratamentos herbicidas, ou seja, todos os tratamentos apresentaram valores inferiores a $72,6 \text{ nN.m}^{-1}$.

De acordo com Bianco (1985), nas formulações, é importante a presença de compostos que reduzem a tensão superficial, facilitando o contato entre os diversos componentes de um produto formulado, promovendo a diluição do produto em água e aumentando a estabilidade da solução obtida.

Ainda segundo Mendonça et al, (2007) a eficácia de um determinado adjuvante na redução da tensão superficial em soluções aquosas é determinada por dois parâmetros. O primeiro corresponde a sua capacidade de reduzir a tensão superficial em soluções aquosas concentradas. O outro parâmetro corresponde a sua capacidade de atingir a tensão superficial mínima em soluções aquosas menos concentradas.

Tabela 8. Análise de variância e comparação das médias pelo teste Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

Valor	Tensão Superficial da calda (mN.m^{-1})
f	1,44 ^{BS}
CV (%)	4,10
DMS	3,28

*: significativo a 5% de probabilidade

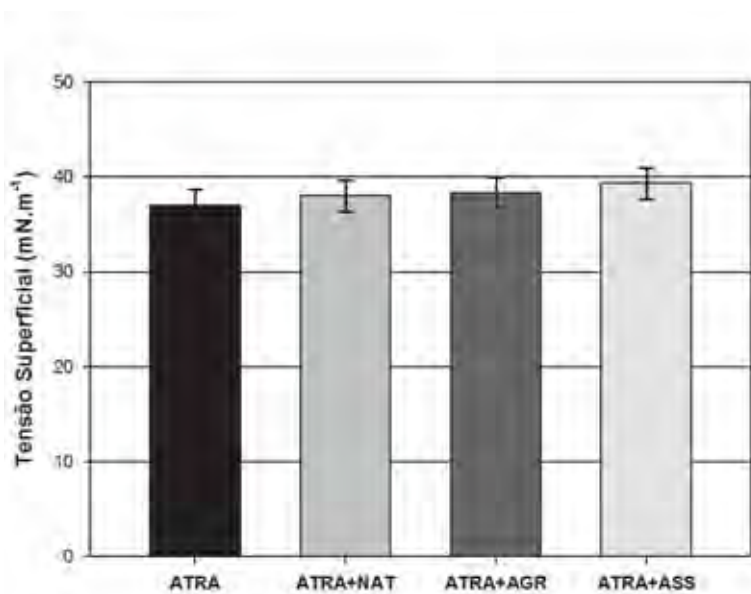


Figura 15. Tensão superficial (mN.m^{-1}) das caldas de pulverização dos tratamentos avaliados. (As barras indicam DMS – Tukey a 5% de probabilidade). Botucatu/SP 2011.

De modo geral, quando se compara os tratamentos herbicidas em relação a água, observa-se uma diferença estatística significativa na redução da tensão superficial independentemente da adição ou não de adjuvantes a calda de pulverização, podendo observar que mesmo sem adição de um adjuvante, o herbicida atrazina possui uma característica própria de redutor de tensão superficial. Porém quando adicionou-se os adjuvantes a atrazina, essa tensão foi menor ainda quando comparada ao tratamento herbicida isolado.

6.1.2 Efeito dos adjuvantes sobre o pH da calda.

A análise de variância assim como os resultados do pH, estão apresentados respectivamente na Tabela 9 e na Figura 16 abaixo.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, mesmo assim o tratamento no qual foi aplicado a atrazina isolada, apresentou um menor valor médio de pH (5,93). Os tratamentos com os adjuvantes mantiveram-se nessa faixa de pH,

exceto onde foi adicionado o adjuvante Agr'Óleo[®], pois este apresentou o maior valor observado (6,37).

Green e Beestman (2007) afirmam que a ação dos adjuvantes sobre o pH é bastante variada, podendo levar ao seu aumento, redução ou inalteração. Segundo Azevedo (2001), os produtos são formulados para tolerar alguma variabilidade no pH das caldas, sendo que valores extremos, no entanto, podem alterar a estabilidade física.

A análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade apresentou um valor de f não significativo aos tratamentos estudados, podendo concluir a não variação de pH entre os tratamentos.

Tabela 9. Análise de variância da comparação das médias pelo teste Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

Valor	pH da Calda
f	2,73 ^{ns}
CV (%)	3,55
DMS	0,46

(ns): não significativo a 5% de probabilidade

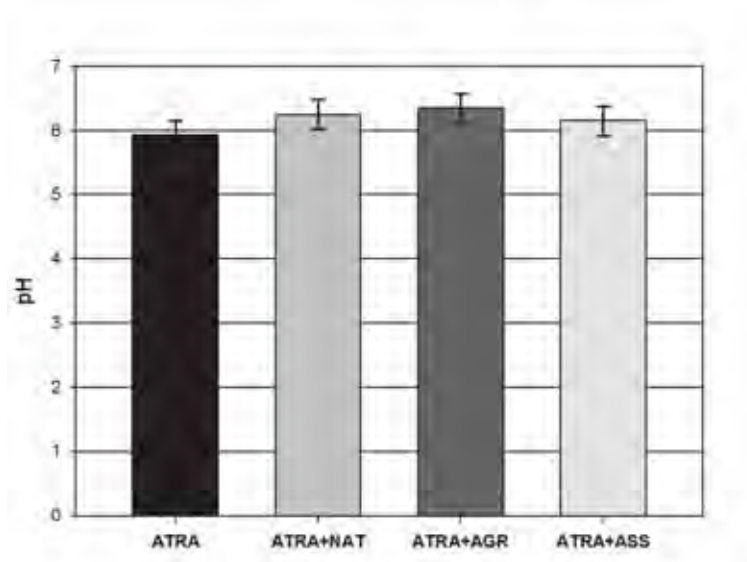


Figura 16. Valores médios do pH dos tratamentos herbicidas. (As barras indicam DMS expostos na Tabela 9). Botucatu/SP 2011.

De acordo com os resultados obtidos, a aplicação da atrazina isolada ou associada aos adjuvantes, não alterou o pH final da calda de pulverização estudadas.

6.1.3 Efeito do pH e tempo de preparo da calda sobre a tensão superficial.

Nas tabelas de 10 a 12, são apresentados os dados da tensão superficial dos tratamentos estudados de acordo com o pH da calda estipulada, bem como o tempo de preparo das soluções.

Para a tensão superficial da calda em pH = 3,0 (Tabela 10), nota-se uma redução dos valores da tensão superficial de acordo com o passar do tempo, exceto onde o herbicida atrazina foi aplicado isoladamente, pois seu comportamento foi inverso aos demais estudados. Outrora, todos os períodos avaliados apresentaram uma significância entre os tratamentos utilizados, destacando-se a atrazina adicionada de Natur'1 Óleo, onde se diferenciou em todos os tempos decorridos de análise, apresentando uma maior tensão superficial até 6 horas após o preparo da calda, e após 12 horas diminuindo a tensão da calda até o final do período de avaliação

Tabela 10. Tensão superficial da calda de aplicação dos tratamentos com atrazina em pH 3,0 no decorrer do tempo de avaliação. Botucatu/SP 2011.

TRATAMENTOS	0 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
Atrazina	35,76 ab	34,93 ab	34,40 a	34,72 ab	33,21 ab	36,05 a
Atrazina + Natur'1 Óleo	35,04 b	34,21 b	33,68 b	34,00 b	31,88 bc	30,76 b
Atrazina + Agr'1 Óleo	36,84 a	36,02 a	35,51 a	35,83 a	31,40 c	31,38 b
Atrazina + Assist	35,48 b	34,66 b	34,24 b	34,56 b	33,58 a	32,55 b
f	7,89*	7,93*	8,00*	8,05*	10,31*	11,21*
CV (%)	1,53	1,56	1,58	1,57	2,00	4,32
DMS	1,11	1,14	1,12	1,14	1,36	2,96

Médias seguidas por letras distintas minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o pH = 6,0 (Tabela 11), observou-se que nenhum tratamento se diferenciou estatisticamente com ou sem a adição dos adjuvantes, ou seja, o comportamento da tensão superficial ao longo das 24 horas após o preparo das caldas em pH = 6,0 não foi significativo a essas condições.

Tabela 11. Tensão superficial da calda de aplicação dos tratamentos com atrazina em pH 6,0 no decorrer do tempo de avaliação. Botucatu/SP 2011.

TRATAMENTOS	0 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
Atrazina	40,58 a	40,03 a	39,56 a	39,17 a	37,39 a	37,63 a
Atrazina + Natur'1 Óleo	41,31 a	40,98 a	40,43 a	40,15 a	38,35 a	38,64 a
Atrazina + Agr'Óleo	41,53 a	41,28 a	40,47 a	40,47 a	38,67 a	38,96 a
Atrazina + Assist	42,50 a	42,25 a	41,44 a	41,46 a	39,68 a	39,97 a
f	1,07ns	1,44ns	1,01ns	1,40ns	1,45ns	1,39ns
CV (%)	3,69	3,70	3,77	4,16	3,88	4,13
DMS	3,21	3,19	3,20	3,36	3,28	3,36

Médias seguidas por letras distintas minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Já em pH = 9,0 (Tabela 12), os tratamentos não alteraram significativamente a tensão superficial das caldas com atrazina nas primeiras três horas. Após esse período de avaliação, destacou-se o tratamento com o adjuvante Assist, onde esse proporcionou um aumento significativo da tensão superficial quando comparada aos outros tratamentos. Por outro lado ainda nesse período acima de três horas após o preparo das caldas, observou-se que o adjuvante Natur'1 Óleo, reduziu significativamente a tensão superficial, diferindo dos outros tratamentos em pH = 9,0.

Tabela 12. Tensão superficial da calda de aplicação dos tratamentos com atrazina em pH 9,0 no decorrer do tempo de avaliação. Botucatu/SP 2011.

TRATAMENTOS	0 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
Atrazina	36,24 a	36,36 a	35,31 ab	35,78 ab	35,50 ab	36,57 ab
Atrazina + Natur'1 Óleo	36,50 a	36,65 a	32,47 c	32,60 c	32,66 c	33,74 c
Atrazina + Agr'Óleo	34,62 a	34,84 a	34,76 b	34,58 b	34,95 b	36,03 b
Atrazina + Assist	34,78 a	35,00 a	36,29 a	36,60 a	36,48 a	37,56 a
f	1,42ns	1,30ns	28,60*	14,72*	22,59*	28,23*
CV (%)	4,59	4,53	1,75	2,60	1,74	1,69
DMS	3,42	3,39	1,27	1,90	1,25	1,19

Médias seguidas por letras distintas minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Para melhor observação dos dados, na Figura 17 e na tabela 13, estão representados os dados e a regressão linear utilizada para o cálculo da tensão superficial, sobre a influência do pH e do tempo de preparo da calda de pulverização com adjuvantes. Realizou-se o uso de modelos matemáticos em função da grande variação dos dados devido a combinação de três valores de pH (3; 6 e 9) e quatro tratamentos avaliados, como citados e discutidos nos parágrafos acima.

Os dados apresentados são decorridos das médias da tensão superficial (mN.m^{-1}) de todos os tratamentos estudados em função do tempo de preparo da calda para cada valor de pH. Observa-se uma linearidade nos resultados independentemente do pH estudado. Os valores da tensão superficial dos tratamentos em pH 6,0 apresentaram-se superiores aos outros pH testados, mas isso não difere entre os tratamentos. Já as caldas em pH 9,0 apresentaram valores inferiores de tensão superficial.

De acordo com Cunha et al., (2010) alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. Isso pode estar correlacionado aos dados obtidos com pH 3,0, onde apresentaram valores reduzidos de tensão superficial da calda, o que influencia diretamente no melhor espalhamento e na melhor absorção do produto pela planta.

Wanamarta e Penner (1989), observaram que a acidificação da calda reduz a dissociação das moléculas; assim, herbicidas dissolvidos em condições de baixo pH

são absorvidos com maior facilidade pelas plantas devido às moléculas encontrarem-se na forma não-dissociada.

Souza e Velloso (1996) afirmam que os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, especialmente imazethapyr e imazapyr, têm sua absorção foliar aumentada quando o pH da água utilizada na preparação da calda está na faixa de 4,0 a 4,5.

Tabela 13. Parâmetros da regressão linear utilizada. Botucatu/SP 2011.

pH	R ²	Parâmetros do Modelo Linear		Valor F
		($y=a-bx$)		
		a	b	
3,0	0,9295	35,22	0,10	24,71
6,0	0,8665	40,00	0,12	12,11
9,0	0,7695	36,23	0,05	5,54

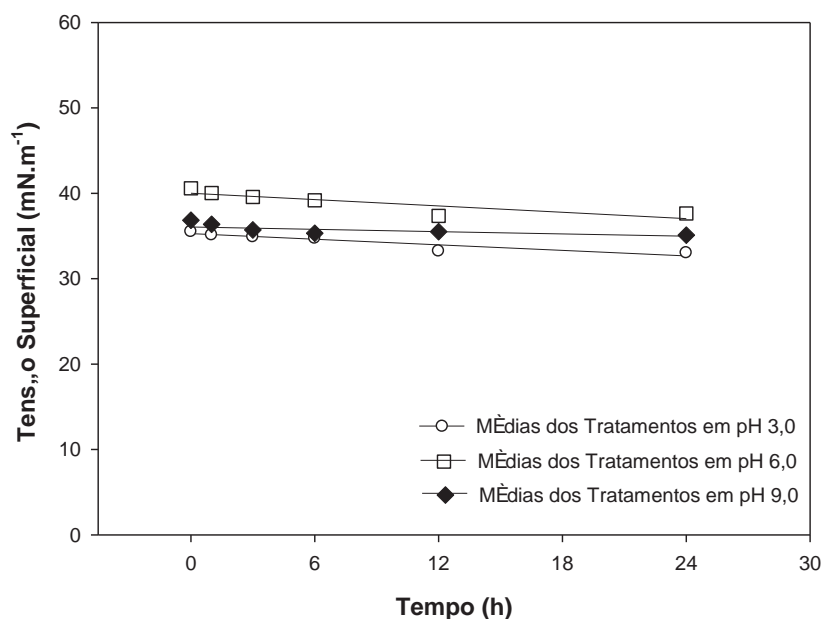


Figura 17. Regressão linear entre tensão superficial e tempo de preparo da calda em diferentes pH. Botucatu/SP - 2011.

Como observado nos dados da Figura 15, as médias da tensão superficial dos tratamentos preparados com água em pH 7,03 apresentaram valores de 50,03 mN.m⁻¹, sendo esse comportamento não observado em pH superior ou inferior a 7,0 nesse estudo como apresentado na figura 17, no qual os valores da tensão não foram superiores a 42 mN.m⁻¹.

Estudos com água alcalina (pH acima de 7,0) ou com a presença de alguns compostos utilizados em nutrientes foliares na calda podem diminuir a eficiência dos herbicidas, especialmente de dessecantes à base de glyphosate, de alguns herbicidas inibidores da enzima aceto lactato sintetase (ALS) e de inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase (ACCase) (MERVOSH; BALKE, 1991;).

6.1.4 Evaporação da calda.

Os dados ajustados ao Modelo de Mitcherlich, bem como seus parâmetros, estão apresentados na Tabela 14 e na Figura 18 respectivamente.

Sabe-se que a umidade relativa, o tamanho das gotas e a taxa de deposição nos alvos, influência diretamente a evaporação da calda no momento da aplicação. O uso de adjuvantes em algumas situações tem o objetivo de reduzir essa perda do herbicida por evaporação.

Tabela 14. Parâmetros do Modelo de Mitcherlich utilizados no estudo de evaporação. Botucatu/SP 2011.

Tratamentos	R ²	Parâmetros dos Modelos de Mitscherlich			Valor F
		a	B	c	
Gesaprim 500 [®]	0,9998	97,58	0	0,95	560,6
Gesaprim 500 [®] + Natur´1 Óleo [®]	0,9973	93,82	0	1,05	373,14
Gesaprim 500 [®] + Agr´Óleo [®]	0,9949	96,15	0	0,55	195,03
Gesaprim 500 [®] + Assist [®]	0,9947	96,44	0	0,65	186,47

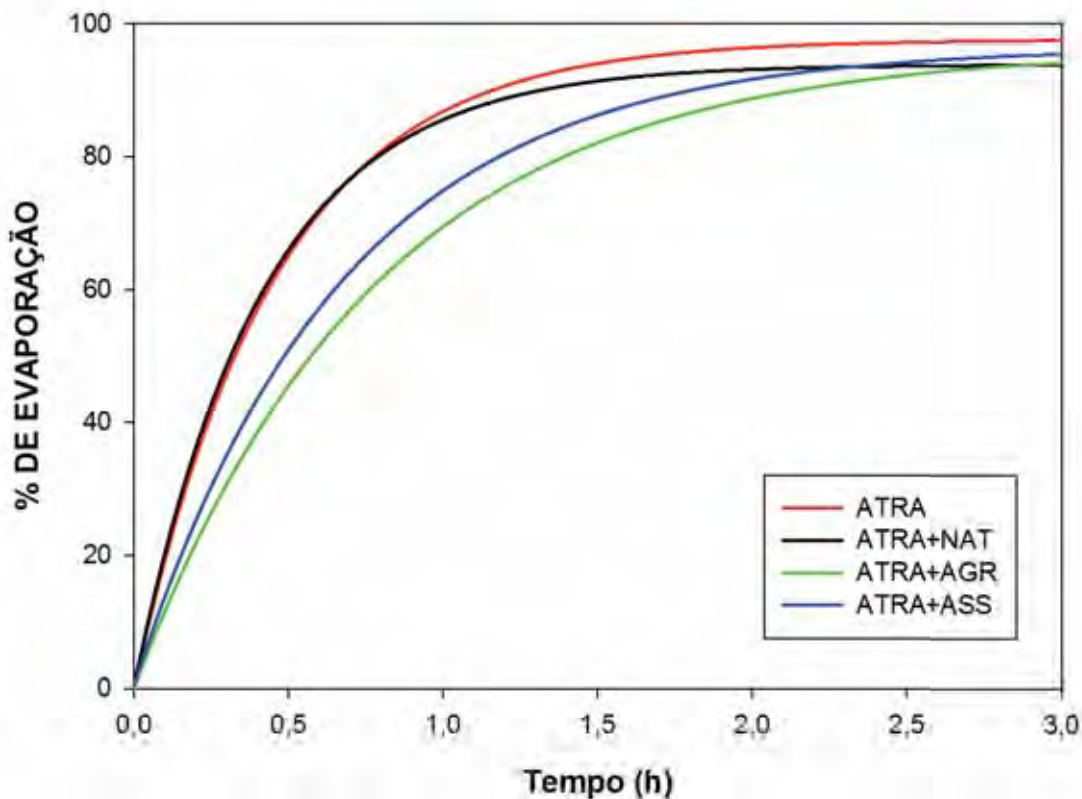


Figura 18. Comportamento da porcentagem de evaporação dos tratamentos estudados. Botucatu/SP 2011.

Analisando os dados obtidos, observa-se que o tratamento com o herbicida atrazina isolado, apresentou uma taxa de evaporação mais acentuada quando comparada aos tratamentos associados a adjuvantes, exceto quando a atrazina foi associada ao adjuvante Natur'l Óleo[®].

Já as caldas com as associações do herbicida atrazina com Agr'Óleo[®] e Assist[®], se comportaram diferentemente dos outros tratamentos, apresentando uma curva menos acentuada, no que pôde-se observar, houve uma menor porcentagem de evaporação no período inicial de avaliação. Essa diferença pôde ser notada nas primeiras horas, destacando-se o tratamento com a adição do adjuvante Assist[®] que promoveu uma redução da evaporação

observada já nos primeiros 30 minutos de monitoramento. Esses dados corroboram com Azevedo, (2001) no qual concluiu que gotas de água emulsionadas com alguns adjuvantes evaporam mais lentamente, mantendo seu peso e, assim, atingem seu alvo, mais facilmente.

Aos 25 minutos iniciais, observa-se que os tratamentos com atrazina isolada ou associada ao Natur'l Óleo, apresentou uma porcentagem de evaporação de 50%, e os outros tratamentos evaporaram o mesmo valor aos 30 minutos. Esse dados correlacionam com o estudo de Carlsen et al., (2006) onde a evaporação acumulada estudadas em laminas de microscópio, foi maior durante as primeiras horas após a aplicação, e as perdas ao longo de 24h.

Yu Y et al., (2009) estudando a evaporação e a cobertura da aplicações com herbicidas, concluiu que o tempo de evaporação e a área máxima de cobertura de gotas foram significativamente alterada pela adição de adjuvantes, e a evaporação aumentou exponencialmente à medida que o diâmetro da gota e a umidade relativa aumentou.

Além disso, uma vida útil mais longa pode prevenir que ingredientes ativos formem cristais, ou seja, uma vez que se as gotas evaporassem completamente, as folhas podem parar de absorver os herbicidas (RAMSEY et al., 2005), e se as gotas não se espalharem uniformemente, ficará sobre as folhas resíduos químicos em forma de cristais.

Isso pode explicar a diferença ao final de três horas de avaliação, onde apresentaram valores diferenciados de porcentagem de evaporação, ou seja, a água contida nos produtos pode ter sido totalmente evaporada e conseqüentemente houve uma formação de resíduos nas placas de vidro, no qual proporcionaram essa diferença final nas avaliações.

Ainda, analisando os dados da Tabela 13, sabe-se que o valor do parâmetro (a), do Modelo de Mitcherlich, no caso, é a máxima porcentagem evaporada, ou seja, realizando uma transformação igual a $(100-a)$, temos a porcentagem não evaporada como citada no parágrafo acima que para os tratamentos estudados são: 2,42% (atrazina); 6,18% (atrazina+Natur'l Óleo); 3,25% (atrazina+Agr'Óleo) e 3,56% (atrazina+Assist), concluindo-se que a presença de Natur'l Óleo na calda com atrazina apresentou uma menor evaporação ao longo do período de avaliação.

6.1.5 Tamanho de gotas

Os resultados da avaliação do diâmetro mediano volumétrico (DMV) e as avaliações da porcentagem de volume das gotas com diâmetro menor que 100 μm para a ponta DG 110.02 VS, estão apresentados na Tabela 15.

Observa-se que a adição dos adjuvantes Natur'l Óleo[®], Agr'Óleo[®] e Assist[®] a calda de pulverização com o herbicida atrazina, não proporcionaram um aumento significativo do DMV das gotas de pulverização quando comparadas ao tratamento onde foi utilizado o herbicida atrazina isolado.

Miller e Butler Ellis (2000), afirmam que caldas com formulações a base de emulsões produzem gotas maiores que as produzidas a partir de caldas com surfactantes.

Tabela 15. Avaliações do DMV e da porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm para os tratamentos herbicidas estudados. Botucatu/SP 2011.

Tratamentos	DMV (μm)	% Gotas < 100 μm
	DG 11002 VS	
Gesaprim 500	218,49 a	11,69 ab
Gesaprim 500 + Natur'l Óleo	224,55 a	11,07 b
Gesaprim 500 + Agr'Óleo	224,16 a	12,19 a
Gesaprim 500 + Assist	227,50 a	11,56 ab
f	1,12 ^{ns}	2,51*
CV (%)	3,17	4,22
DMS	14,9	1,03

Médias seguidas por letras distintas minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observando os tratamentos isoladamente, a adição do adjuvante Assit[®] ao herbicida atrazina, proporcionou um aumento no espectro de gotas, sendo esse comportamento não significativo na comparação das médias dos outros tratamentos.

Analisando as médias percentuais do volume de gotas < que 100 μm , nota-se que o tratamento no qual foi aplicado o herbicida atrazina adicionado do adjuvante Agr'Óleo[®], proporcionou uma maior média desse índice, significativamente superior perante

aos outros adjuvantes.

Cunha et al., (2007) relata que deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grossas nem muito finas, evitando-se assim perdas por deriva e escorrimento. Esse processo de formação das gotas pode ser significativamente alterado pelo uso de certas formulações e pela adição de adjuvantes, visto que estes alteram características físico-químicas das caldas, como tensão superficial e viscosidade (ANTUNIASSI, 2006).

Portanto, o correto conhecimento do tamanho das gotas para aplicação de herbicidas é um fator extremamente importante. Segundo Lefebvre (1989), gotas menores que 100 μ m são arrastadas com facilidade pelo vento. Entretanto, a diminuição no tamanho das gotas geralmente melhora o desempenho dos herbicidas, principalmente aqueles que agem por contato, porém isso tende a aumentar a deriva, podendo requerer algumas modificações nos equipamentos de pulverização (KNOCHE, 1994).

Um estudo averiguando a influência dos adjuvantes Agral, Ethokem, Actipron, Codacide, Silwet L-77 e Li-700 na distribuição do volume de aplicação com diferentes pontas em três diferentes pressões mostrou que em quatro das cinco pontas avaliadas os adjuvantes influenciaram na distribuição das gotas quando as pressões de trabalho foram de 1 bar (BUTLER ELLIS et al., 1997). As características físicas e químicas da solução pulverizada influenciam em vários aspectos a deposição da calda. Porém, a escala em que ocorrem estes efeitos é altamente dependente de características da cultura, como densidade e idade das plantas (BUTLER ELLIS, 2004).

Iost (2008) avaliando os percentuais do volume de gotas < que 100 μ m proporcionados pela ponta AXI 110 015, verificou que os adjuvantes não reduziram esse parâmetro quando comparados a água destilada.

Costa (2006) verificou a mesma relação entre estes dois fatores e ainda relacionou estes fatores à porcentagem de deriva, concluindo que quanto maior o DMV, menores foram as porcentagens de volume de gotas menores que 100 μ m e as porcentagens de depósito de deriva em coletores verticais e horizontais.

Cunha et al., (2010) concluiu que a adição dos adjuvantes à calda não alterou o risco potencial de deriva, expresso pela porcentagem do volume em gotas com diâmetro inferior a 100 μ m, porém o adjuvante fosfatidilcolina+ácido propiônico reduziu o diâmetro da mediana volumétrica das gotas produzidas pela ponta de jato plano defletor com

indução de ar, em relação à avaliação feita somente com água.

6.2 Efeitos dos adjuvantes na ação da atrazina.

6.2.1 Eficácia de controle de plantas daninhas.

As análises de variância e os resultados da porcentagem de controle das espécies avaliadas estão apresentados nas Tabelas de 16 a 19 e nas Figuras de 19 a 22, bem como a biomassa seca das plantas daninhas não controladas pelos tratamentos (Tabela 19).

Para *Ipomoea grandifolia*, a porcentagem de controle promovida pelos tratamentos pode ser observado na Figura 19, abaixo.

Através dos dados obtidos, pode-se observar que a adição dos adjuvantes estudados à calda de pulverização, promoveu uma resposta mais rápida de fitointoxicação da espécie nos primeiros 7 dias após a avaliação (DAA). O tratamento no qual o herbicida atrazina foi aplicado isolado, comportou-se significativamente inferior perante o controle dos outros tratamentos com adjuvantes nesse período inicial.

Tabela 16. Análise de variância da comparação das médias de controle de *I. grandifolia* pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

Valor	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
f	73,07*	3,53*	-	-
CV (%)	12,29	6,88	-	-
DMS	13,38	12,17	-	-

(*): significativo a 5% de probabilidade

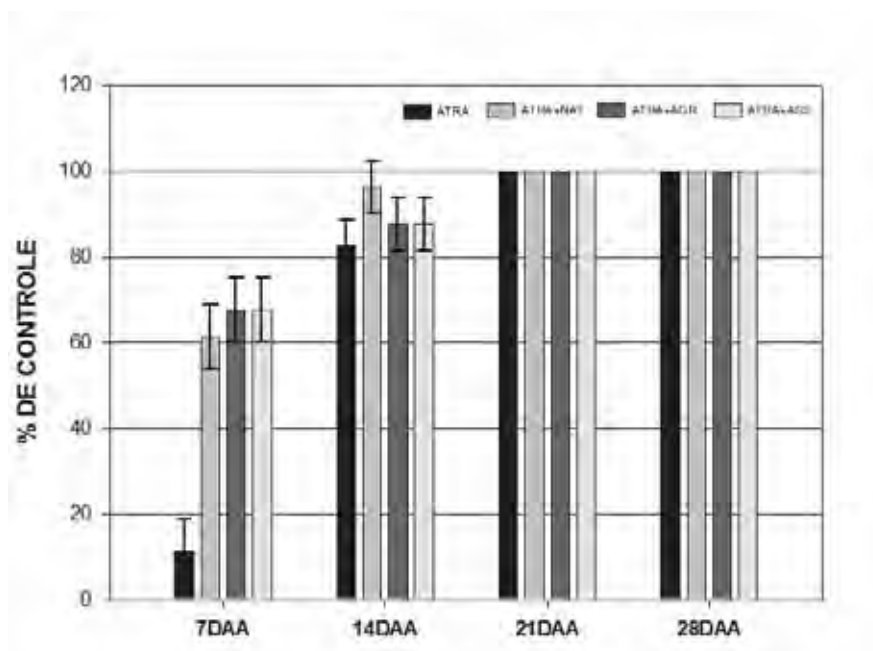


Figura 19. Porcentagem de controle da espécie *Ipomoea grandifolia* pelos tratamentos estudados ao longo do período de avaliação. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

Aos 14DAA, nota-se que a adição do adjuvante Natur'l Óleo[®] à calda de pulverização com atrazina, obteve o melhor controle com médias superiores a 96%. A partir de 21DAA, todos os tratamentos proporcionaram o controle total da espécie *I. grandifolia* como observado na Figura 19.

Dan et al., (2010), estudando o controle de plantas daninhas na cultura do milho pela aplicação de herbicidas em pré-emergência, notou que aos 28 dias após a aplicação (DAA), os níveis de controle de *Ipomoea grandifolia* foram semelhantes para os tratamentos atrazine + s-metolachor, atrazine e s-metolachor, os quais apresentaram 78%, 73% e 73% de controle, respectivamente.

Estudos comprovaram a eficácia do atrazine no controle das plantas daninhas tanto em aplicações isoladas (FORNAROLLI et al., 1999; MACIEL et al., 2002), como em associações com outros herbicidas, como mesotrione (TIMOSSI, 2009) e nicosulfuron (RIZZARDI et al., 2008).

Na Tabela 16 e na Figura 20, estão apresentados os dados de controle da espécie *Brachiaria plantaginea* (BRAPL) pelos tratamentos estudados.

Tabela 17. Análise de variância da comparação das médias de controle de *B. plantaginea* pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

BRAPL	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
f	4,33 ^{ns}	4,24*	39,75*	29,36*
CV (%)	33,30	30,66	7,75	8,61
DMS	5,02	27,36	8,49	10,05

*: significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade.

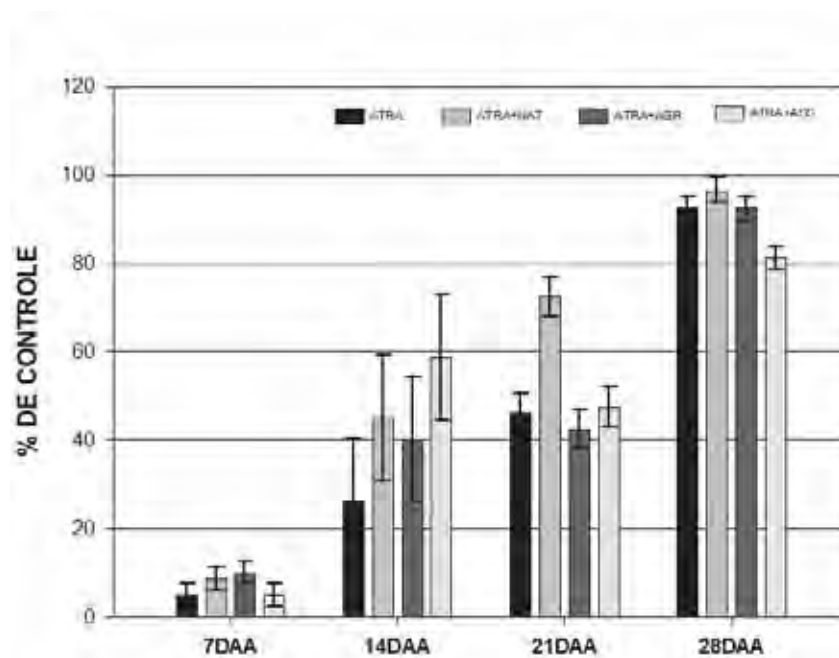


Figura 20. Porcentagem de controle da espécie *Brachiaria plantaginea* pelos tratamentos estudados ao longo do período de avaliação. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

Nota-se que no primeiro período de avaliação (7DAA), nenhum tratamento proporcionou um controle significativo para a espécie. No entanto, as maiores

médias foram alcançadas pelos tratamentos adicionados dos adjuvantes Natur'l Óleo[®] e Agr'Óleo[®].

Aos 14DAA, as maiores médias de controle foram atingidas pelos tratamentos adicionados de Natur'l Óleo[®] e destacando-se o tratamento com Assis[®] no qual apresentou médias de controle da espécie estudada de 60%.

Fornarolli et al. (1999) obtiveram níveis aceitáveis de controle de *Brachiaria plantaginea* com o uso de atrazine, na dose de 3,0 kg ha⁻¹, aplicado no estágio de três folhas. Em contrapartida, esse herbicida não interferiu no desenvolvimento e no estabelecimento de *Brachiaria decumbens* em condições de pastagem (Martins et al., 2007).

Aos 21DAA, destacou-se o tratamento onde a atrazina foi adicionada do adjuvante Natur'l Óleo[®], pois apresentou médias de controle significativamente superiores aos tratamentos estudados, sendo esse comportamento mantido até o final das avaliações aos 28DAA, com médias acima de 96% de controle.

Silva et al. (2007), constatou que o aumento na tolerância das gramíneas ao herbicida atrazina é mais perceptível quando elas se encontram em estádios mais avançados. Esse fato pode estar relacionado à menor absorção de herbicidas através dos tecidos foliares e/ou ao aumento de compostos detoxificadores, como as benzoxazinonas, substâncias capazes de proporcionar reações como hidroxilação, reduzindo a atividade do herbicida.

Segundo Maciel et al., (2002) algumas publicações relatam a utilização da atrazine no controle de *Brachiaria plantaginea*, assim como de outras plantas daninhas, através de aplicações em pré e pós-emergência inicial, evidenciando a possibilidade de a absorção acontecer conjuntamente pelas vias radicular e foliar das plantas (SANTOS; ROZANSKI, 1979; SILVA; UEDA, 1986; ALMEIDA, 1989; VELINI et al., 1993).

O controle promovido pelos tratamentos estudados sobre a espécie *Merremia cissoides* (MRRCI), vem apresentado na Figura 22, assim como suas análises de variância na Tabela 17.

Tabela 18. Análise de variância da comparação das médias de controle de *M.cissoides* pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

MRRCI	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
f	9,11*	3,00 ^{ns}	-	-
CV (%)	4,77	0,58	-	-
DMS	8,28	1,21	-	-

*: significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade.

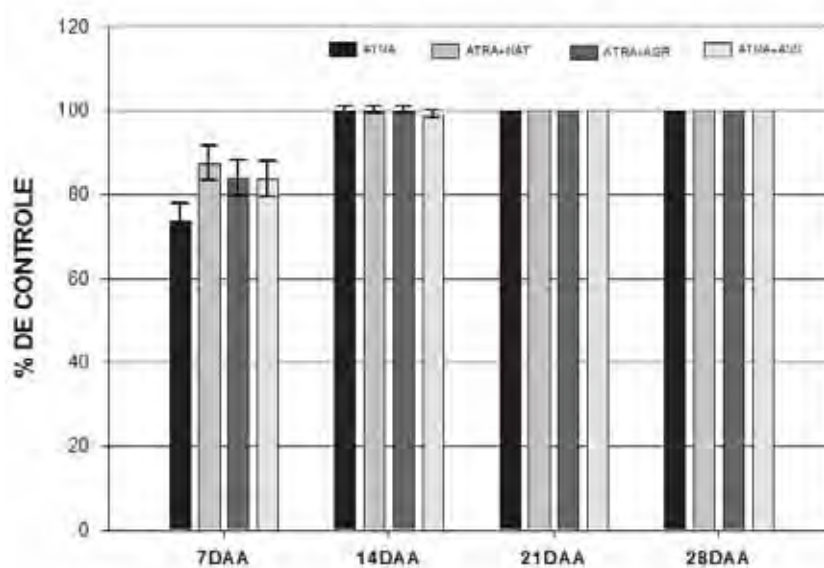


Figura 21. Porcentagem de controle da espécie *Merremia cissoides* pelos tratamentos estudados ao longo do período de avaliação. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

A espécie *M. cissoides*, apresentou uma maior fitointoxicação perante os tratamentos estudados já aos 7DAA, com médias de controle superiores a 70%. Isso pode estar relacionado à espécie ser altamente suscetível ao herbicida atrazina.

A adição de adjuvantes foi significativa somente nesse primeiro período de avaliação, o tratamento com a atrazina adicionada do Natur'l Óleo, proporcionou um maior controle significativamente da espécie estudada.

A partir dos 14DAA, nenhum tratamento mais se diferenciou estatisticamente, pois nesse período, todos os tratamentos estudados propiciaram um controle superior a 95% da espécie, na qual a mesma foi controlada por total já aos 21DAA.

De acordo com Deuber e Duarte (1997), Marcondes et al. (1997) e Bastiani (1997), o atrazine, isoladamente ou em mistura, aplicado em pós-emergência geralmente proporciona controle excelente de espécies de corda-de-viola.

Para a espécie *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), a análise de variância e as porcentagens de controle estão apresentadas na Tabela 18 e na Figura 22 abaixo.

Tabela 19. Análise de variância da comparação das médias de controle de *E. heterophylla* pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

Valor	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
f	6,23*	1,46 ^{ns}	-	-
CV (%)	5,14	1,69	-	-
DMS	8,83	3,50	-	-

*: significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade

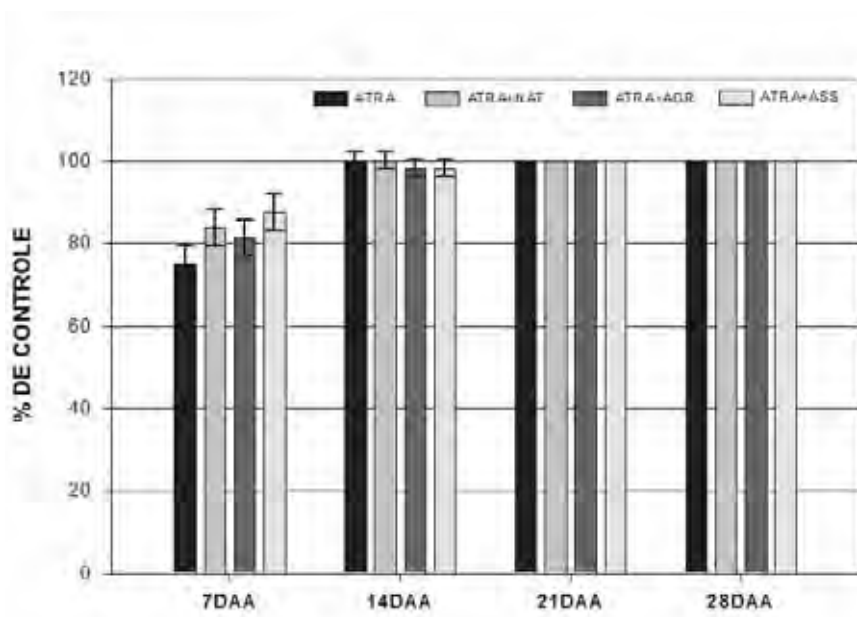


Figura 22. Porcentagem de controle da espécie *Euphorbia heterophylla* pelos tratamentos estudados ao longo do período de avaliação. (As barras indicam o DMS). Botucatu/SP 2011.

Efeitos semelhantes foram observados para a espécie *E. heterophylla*, pois a adição dos adjuvantes Natur'l Óleo[®] e Assist[®], promoveram um rápido controle significativo já aos 7DAA, atingindo médias superiores a 80%. Após 14DAA, todos os tratamentos proporcionaram um controle total da espécie não diferindo estatisticamente entre si. Isso demonstra que a atrazina apresentou ser uma ótima ferramenta no controle de *E. heterophylla* nas condições estudadas.

Dan et al., (2010) concluíram em seus estudos que as associações entre os herbicidas atrazina + s-metolachor e atrazine + simazine proporcionaram incrementos no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Alternanthera tenella*. O controle proporcionado pelos tratamentos sobre a espécie *E. heterophylla*, corroboram com os dados obtidos por Rodrigues et al., (2000).

Na Tabela 20, estão apresentados os dados da biomassa seca das plantas daninhas não controladas pelos tratamentos ao final do período de avaliação (28DAA).

Tabela 20. Biomassa seca em gramas (g) das plantas não controladas pelos tratamentos ao final de 28DAA. Botucatu/SP 2011.

TRATAMENTOS	Biomassa seca (g)			
	IAQGR	BRAPL	MRRCI	EPHHL
Gesaprim 500	0,00 a	0,1168 a	0,00 a	0,00 a
Gesaprim 500 + Natur'l Óleo	0,00 a	0,1332 a	0,00 a	0,00 a
Gesaprim 500 + Agr'Óleo	0,00 a	0,1308 a	0,00 a	0,00 a
Gesaprim 500 + Assist	0,00 a	0,1487 a	0,00 a	0,00 a
f	-	0,14 ^{ns}	-	-
CV (%)	-	57,66	-	-
DMS	-	0,15	-	-

(*): significativo a 5% de probabilidade; (^{ns}): não significativo a 5% de probabilidade.

A única espécie que veio a apresentar valores de biomassa seca foi a espécie *B. plantaginea*, corroborando com os dados de controle aos 28DAA. Os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente nos valores da biomassa, no que observou-se que quando há uma maior quantidade de matéria seca observada será inversamente proporcional ao controle da espécie, ou seja, controle total é igual a zero gramas de biomassa, pois sua matéria que ficou existente nas unidades experimentais estavam todas degradadas ao final do experimento.

A seguir, na Figura 23 estão representados os tratamentos aos 7DAA e aos 28DAA, período final do ensaio.

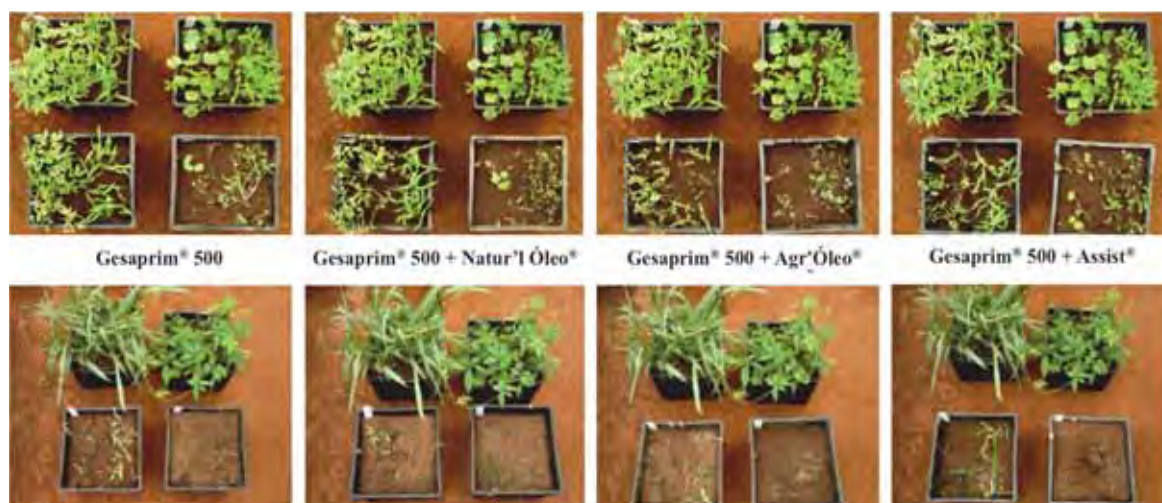


Figura 23. Detalhes dos tratamentos aos 7DAA (superior) e ao final do período de avaliação aos 28DAA (inferior). Botucatu/SP 2011.

6.2.2 Influência da chuva no controle de plantas daninhas.

Na Tabela 20 estão apresentadas as análises de variâncias das médias de controle da espécie *Ipomoea grandifolia*, assim como na Figura 24 e 25, estão apresentados os dados da porcentagem de controle submetida a duas simulações de volume de chuva (20 e 40mm).

Sabe-se, que a eficiência de controle dos herbicidas pode ser influenciada pela ocorrência de chuvas após sua aplicação, sendo que uma chuva de baixa intensidade e curta duração pode proporcionar um novo umedecimento da gota e/ou redistribuição do herbicida na planta, o que pode aumentar a eficiência do produto aplicado (JAKELAITIS et al., 2001).

Analisando os dados de controle da espécie *I. grandifolia* submetida a uma lâmina de chuva de 20mm (Figura 24), atenta-se para os tratamentos no qual o herbicida atrazina foi aplicado isolado ou adicionado de Assist[®], pois apresentaram aos 7DAA, um controle inferior a 15% da espécie.

Tabela 21. Análise de variância da comparação das médias de controle de *I. grandifolia*, submetida a simulação de 20mm e 40mm de chuva pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

IAQGR	20mm		40mm	
	7DAA	14DAA	7DAA	14DAA
f	24,18*	6,60*	3,45*	3,00ns
CV(%)	10,55	2,86	39,9	1,45

(*): significativo a 5% de probabilidade; (ns): não significativo a 5% de probabilidade

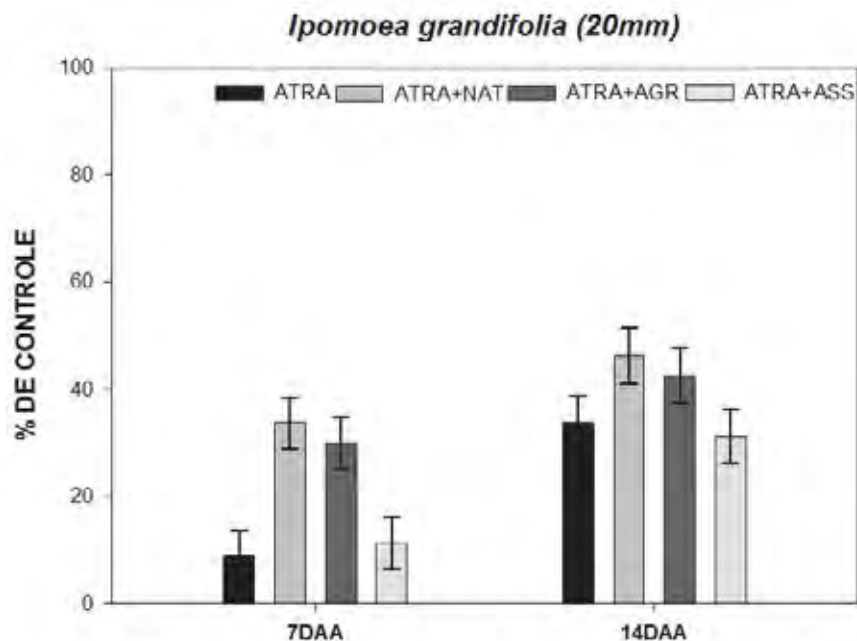


Figura 24. Porcentagem de controle de *I. grandifolia* submetida a 20mm de simulação de chuva. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

Comparando esse mesmo período de avaliação na situação de simulação de uma lâmina de chuva de 40mm (Figura 25), nota-se que os valores médios de controle são significativamente inferiores independentemente do tratamento quando comparada a simulação de 40mm, exceto o tratamento atrazina+Natur'l Óleo[®] que proporcionou um controle acima de 17% da espécie nesse período inicial.

Aos 14DAA, todos os tratamentos obtiveram um acréscimo na média de controle da espécie independente da lamina de chuva simulada, ou seja, médias de controle acima de 20% foram apresentadas pelos tratamentos estudados. Destaca-se nesse período de avaliação, novamente a associação atrazina+Natur'l Óleo[®], pois nos dados da simulação de 20mm, observou uma média significativamente superior aos outros produtos, atingindo médias acima de 40%. Esse mesmo comportamento também foi observado na simulação de 40mm, pois esse tratamento foi novamente significativo perante ao outros testados.

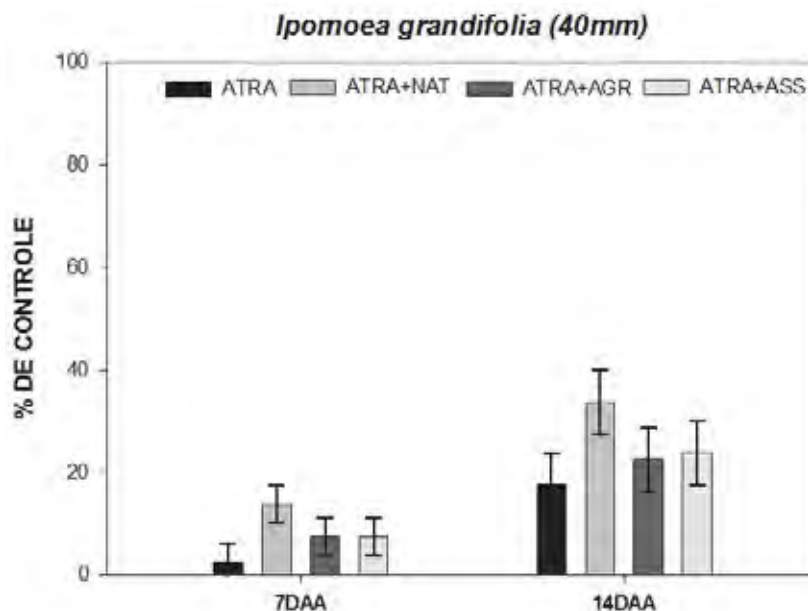


Figura 25. Porcentagem de controle de *I. grandifolia* submetida a 40mm de simulação de chuva. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

De acordo com os dados da Figura 21, nota-se que os tratamentos com atrazina adicionado de Agr'Óleo[®] ou Assist[®], proporcionaram um bom controle da espécie ao longo do período de avaliação, porem essas médias foram significativamente inferiores ao tratamentos com Natur'1 Óleo. Segundo Anderson e Arnold (1984), concluíram que não só, de um modo geral, chuvas logo após aplicação de herbicidas pode reduzir a eficiência no controle das plantas, mas sim fatores como intervalo de tempo e intensidade e duração da chuva após aplicação dos herbicidas.

A temperatura e a chuva após a aplicação juntamente com a idade da planta e seu estado fisiológico e nutricional são importantes fatores que influenciam a absorção e translocação dos herbicidas (CAMARGO, 1977). Deuber (1982) cita estudos mostrando que a absorção dos herbicidas é limitada pela quantidade que atravessa a cutícula da folha e esta é influenciada pelas condições ambientais onde a planta daninha está se desenvolvendo e pelas características do herbicida.

Efeito semelhante da ação da atrazina isolada ou adicionada de adjuvantes submetidas a lâminas de chuva, foi também observado para *Brachiaria*

plantaginea, como demonstrado os dados da análise de variância na Tabela 21 e os dados da porcentagem de controle nas Figuras 26 e 27 .

Tabela 22. Análise de variância da comparação das médias de controle de *B. plantaginea* submetida a simulação de 20mm e 40mm de chuva pelo teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

BRAPL	20mm		40mm	
	7DAA	14DAA	7DAA	14DAA
f	29,38*	100,00*	6,14*	11,38*
CV(%)	20,41	2,65	45,30	8,41

(*): significativo a 5% de probabilidade; (°): não significativo a 5% de probabilidade.

Destaca-se aos 7DAA o tratamento com atrazina isolada, pois apresentou uma média de controle da espécie inferior a 5% na situação de simulação de 20mm de chuva (Figura 26).

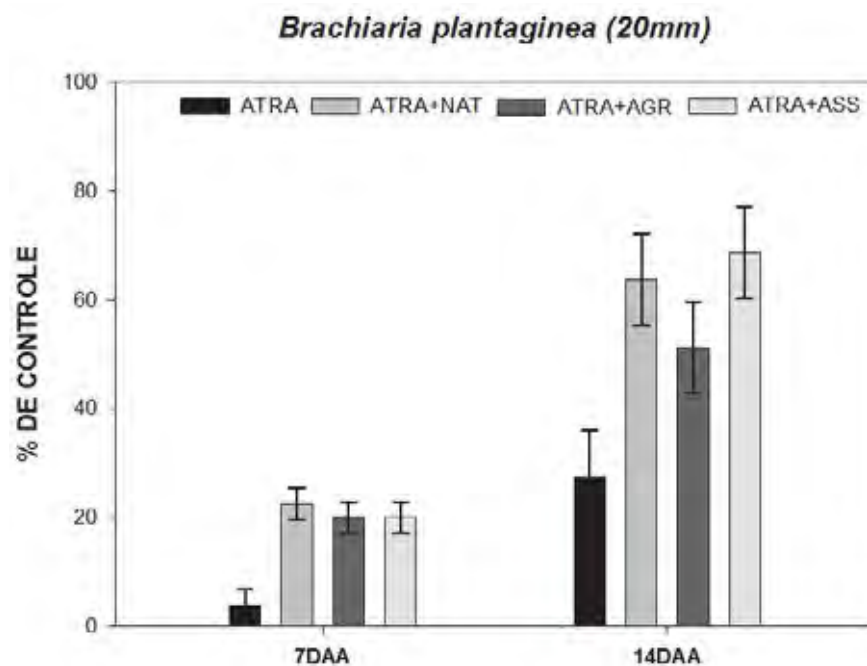


Figura 26. Porcentagem de controle de *B. plantaginea* submetida a 20mm de simulação de chuva. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

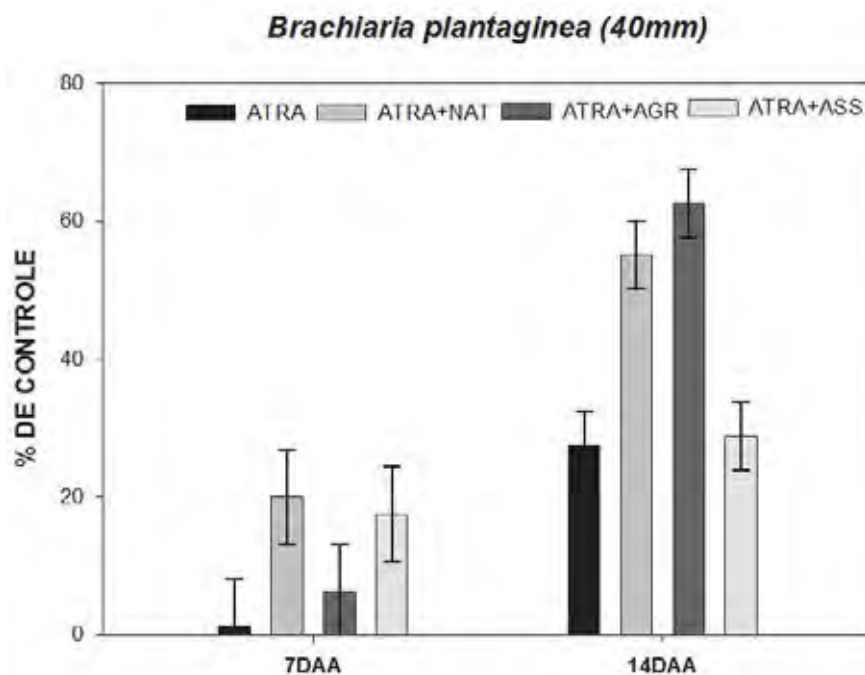


Figura 27. Porcentagem de controle de *B. plantaginea* submetida a 40mm de simulação de chuva. (As barras indicam DMS). Botucatu/SP 2011.

O tratamento com a atrazina isolada submetida a uma simulação de 40mm, apresentou médias insignificantes de controle, podendo-se dizer que as simulações afetaram esse período inicial da eficácia da atrazina (Figura 27). No entanto o tratamento com a adição dos adjuvantes Natur'l Óleo[®], Agr'Óleo[®] e Assist[®], proporcionaram um controle significativamente positivo quando comparada a atrazina aplicada isolada. Esse mesmo comportamento também é observado na simulação de 40mm, porem destacando-se apenas os tratamentos com Natur'l Óleo[®], e Assist[®].

Independente da lamina de chuva simulada, aos 14DAA, todos os tratamentos apresentaram um controle satisfatório de *B. plantaginea*. Porém, observando os tratamentos no qual a atrazina foi aplicada isolada, verificou-se uma menor média de controle da espécie nesse período.

Segundo Antuniassi et al., (2010) uma das hipóteses para este comportamento pode ser uma eventual demora da fixação das gotas na folha ou mesmo da penetração da calda na presença deste adjuvante, quando comparado com os demais. Tal fato

pode ser ocasionado pelas diferenças nos componentes da cada formulação dentre os adjuvantes utilizados, visto que todos eles se apresentam na forma de produtos formulados e não há conhecimento dos demais componentes além dos “princípios ativos” a que se referem, ou seja, os próprios óleos (minerais ou vegetais).

Portanto, comparando-se os dados entre as laminas de chuva simulada, conclui-se que quanto maior for o volume de chuva simulada no intervalo de uma hora após a aplicação, o controle de *I. grandifolia* e *B. plantaginea* será prejudicado ao decorrer do tempo.

Resultados semelhantes foram observados por Roman (2001), que descreveu pior desempenho da formulação glyphosate WG quando se simulou chuva até quatro horas após a aplicação para o controle de *Brachiaria plantaginea*, comparado aos resultados obtidos por glyphosate Transorb e glyphosate potássico. Estudo de Pedrinho Junior et al. (2002) também notaram acentuada diferença entre formulações de herbicidas inibidores de EPSPs no controle de uma população daninha quando se simulou chuva até quatro horas após a aplicação.

Bastiani et al., (2000) estudando a influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas em pós-emergência, concluiu que o tratamento onde foi aplicado atrazine+óleo foi ineficiente para o controle de capim-marmelada (< de 75%) e altamente eficiente para controle de picão-preto (100%), independente da condição de umidade do solo e do intervalo de tempo para ocorrência de chuva simulada após aplicação.

Em outro estudo, Souza (2010) concluiu que os produtos a base de amonio-glufosinate e 2,4-D, ao contrário dos à base de glyphosate, apresentaram bom controle visual da planta para chuvas a partir de 30 minutos e 1 hora após a aplicação, respectivamente, evidenciando assim uma redução da ação destes dois herbicidas apenas quando da ocorrência de chuva logo após a aplicação dos mesmos.

A seguir, na Figura 28 estão representados os tratamentos ao final do experimento com 28DAA nos volumes de chuva simulados (20mm e 40mm).

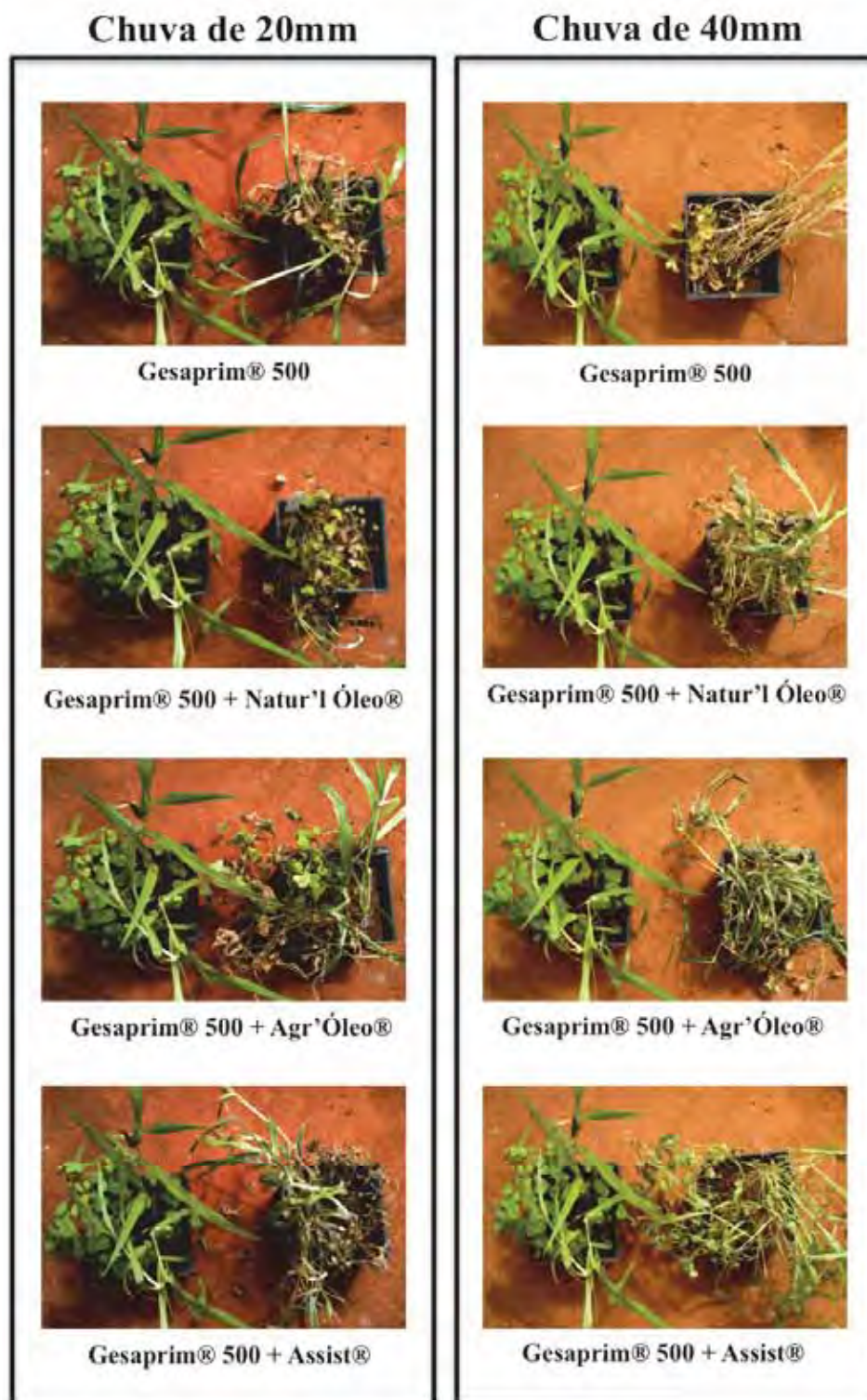


Figura 28. Detalhes do controle de *I. grandifolia* e *B. plantaginea* pelos tratamentos aos 28DAA, após 20mm e 40mm de simulação de chuva. Botucatu/SP 2011.

6.2.3 Velocidade de absorção de ingrediente ativo

Nas Figuras de 29 a 32 encontram-se representados as curvas e dados que descrevem o comportamento do ETR e o controle proporcionado pelos tratamentos estudados para *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*, ao longo do período de avaliação, bem como as análises de variância nas Tabelas de 23 a 26.

Analisando os dados do ETR nas primeiras horas após a aplicação dos tratamentos, observou-se que onde foi aplicado atrazina+Natur'l Óleo[®] e atrazina+Assist[®], houve uma redução da porcentagem do ETR em 50% já nas primeiras horas, vindo esse comportamento a ser reduzido a 80% da inibição do ETR em seis horas após a aplicação.

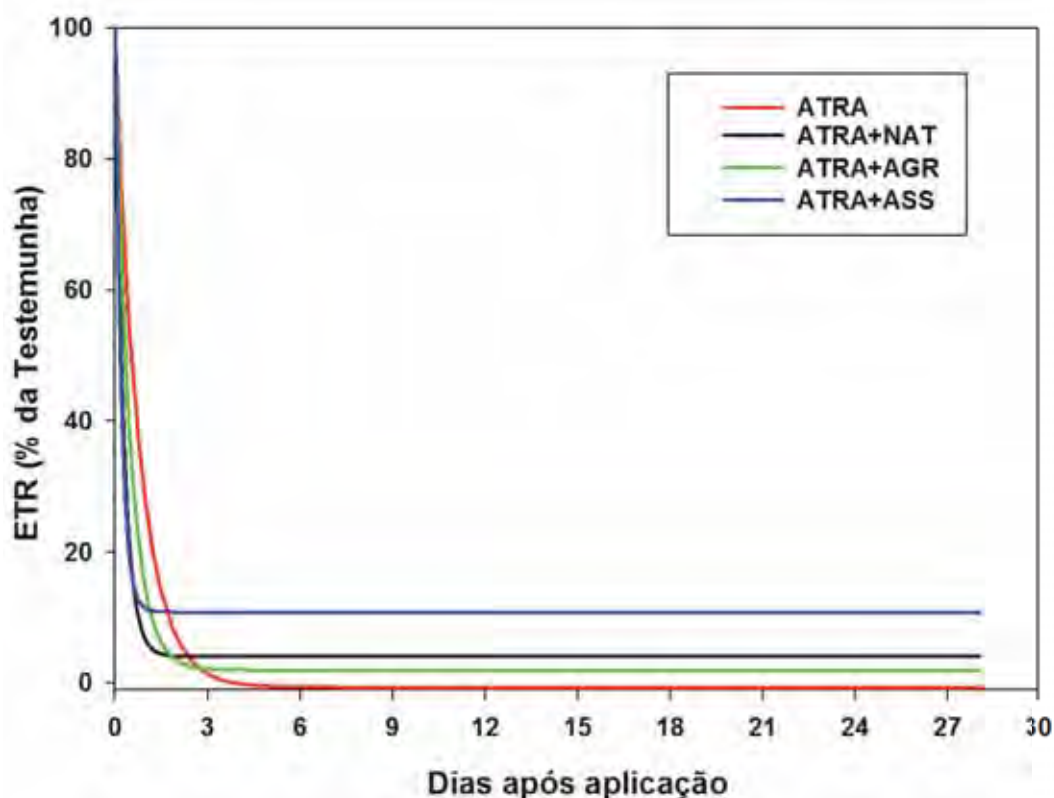


Figura 29. Comportamento da taxa de transporte de elétrons (ETR) para *I. grandifolia* ao longo de 28 dias após a aplicação dos tratamentos. Botucatu/SP 2011.

Isso denota uma rápida absorção da atrazina quando adicionada do adjuvante Natur'l Óleo[®] e Assist[®], pois como observado, os outros tratamentos reduziram em apenas 40% a taxa de transporte de elétrons na *I. grandifolia*. Segundo Araldi (2010), a metodologia fundamentada no fluorômetro mostra-se adequada para verificar a ação de herbicidas inibidores do fotossistema II, através da verificação instantânea do transporte de elétrons nas plantas submetidas aos herbicidas.

Tabela 23. Parâmetros do Modelo de Mitcherlich ajustados no comportamento da %ETR para *I. grandifolia* ao longo de 28 DAA (a). Botucatu/SP 2011.

Tratamentos	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitcherlich			Valor F
		a	B	c	
Atrazina	0,91	100	0	0,55	16,87
Atrazina + Natur'l Óleo	0,93	100	0	1,59	22,35
Atrazina + Agr'Óleo	0,87	100	0	0,91	11,81
Atrazina + Assist	0,87	100	0	2,26	11,61

Analisando os dados do ETR durante as avaliações de 7, 14 21 e 28DAA, pode-se observar que houve uma redução significativa já no primeiro período de avaliação, com destaque para o tratamento que foi aplicado atrazina isolada, promovendo uma redução de 80% do ETR quando comparado a testemunha. Porém o tratamento com atrazina+Assist[®], apresentou-se um pouco inferior na redução do ETR para *I. grandifolia*. Esses dados correlacionam com a Figura 30, no qual é apresentado o controle da espécie ao longo do período de avaliação, na qual a média de controle de todos os tratamentos foi de 60% sendo totalmente correspondida com a redução do ETR média dos tratamentos que foi de 70%.

O efeito inibitório da atrazine e diuron na taxa de transporte de elétrons na fotossíntese foi documentado in vitro (ARNTZEN et al., 1978) e in vivo (AHRENS et al., 1981) em ensaios com fluorescência.

Richard Jr et al., (1983) relatou que a análise de mudanças na fluorescência da clorofila, detectada pelo fluorômetro, oferece muitas possibilidades não só

para determinar a inibição do transporte de elétrons pelo herbicida, mas também para relacionar essas injúrias com a taxa de absorção do herbicida e/ou concentração aplicada.

Tabela 24. Análise de variância da comparação das médias de controle de *I. grandifolia* teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

IAQGR	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA
f	82,47*	0,89*	-	-
CV(%)	7,97	5,55	-	-
DMS	11,03	10,96	-	-

(*): significativo a 5% de probabilidade; (**): não significativo a 5% de probabilidade

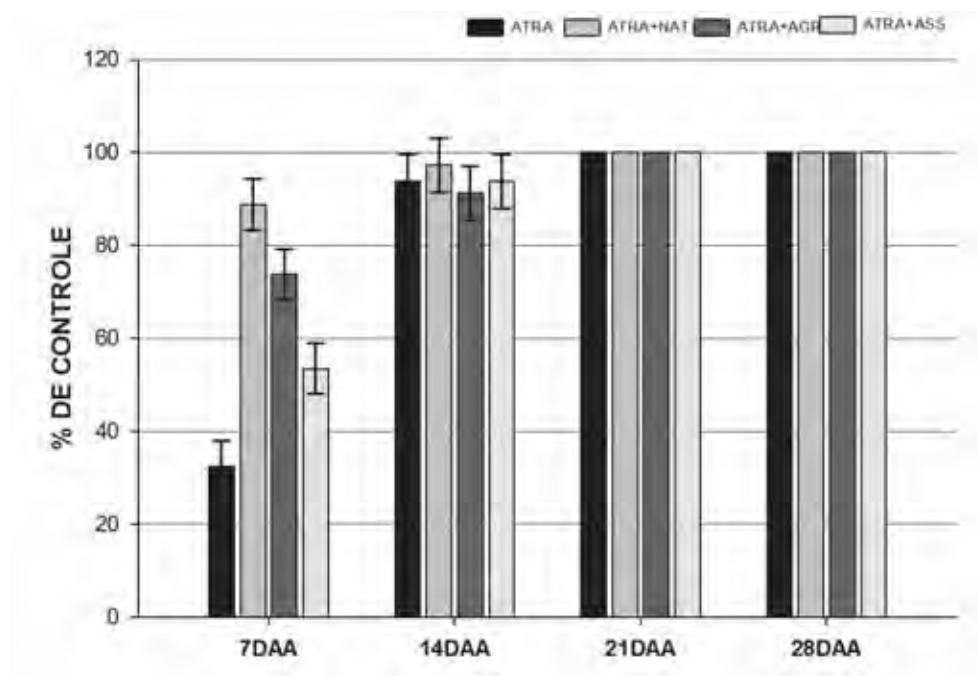


Figura 30. Porcentagem de controle de *I. grandifolia* no estudo da absorção da atrazina através do uso do fluorômetro. (As barras indicam o DMS). Botucatu/SP 2011.

Araldi, (2010) estudando o comportamento de *I. grandifolia*, observou que a espécie foi mais sensível em relação às cultivares de cana-de-açúcar quando submetida

ao amicarbazone em solução. Uma quantidade de apenas $0,0029 \text{ nMol.cm}^{-2}$ de amicarbazone foi suficiente para a inibição de 50% do ETR da planta daninha.

Os dados corroboram com Araldi (2010), na qual a espécie *I. grandifolia*, com quatro horas após a disponibilidade do herbicida amicarbazone em solução ocorreu uma redução de 34% do ETR para a folha adulta em relação ao valor de ETR inicial da planta sem herbicida. Ainda, com 24 horas após a aplicação a folha atingiu os 55% de redução do ETR, já às 48 horas após a aplicação, a inibição foi de 87% para a folha adulta da *I. grandifolia*.

De acordo com estudos realizados, podem ocorrer pequenas oscilações do ETR ao longo do período avaliado, isso se deve às condições do ambiente, visto que a capacidade fotossintética das plantas pode ser alterada por estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas podem passar. (BOWN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2002)

Entre o controle apresentado pelos tratamentos na Figura 30, e os dados do ETR demonstrados na Figura 29, conclui-se que o valor da taxa de transporte de elétrons avaliado no estudo corresponde inversamente ao controle da espécie, ou seja, quanto maior o controle proporcionado pelos tratamentos, menor o valor do ETR, pois esse mede o fluxo de elétrons na planta, e essa permanece intoxicada pela atrazina até o final do período de avaliação.

De acordo com Souza e Prado (2008), com a inibição do ETR nas plantas ocorre o comprometimento da taxa de assimilação de carbono pela não formação de ATP e NADPH nos cloroplastos das plantas. Ao final, com a diminuição da fotossíntese líquida induzida pela ação de herbicida, o balanço de carbono da folha tende a ser cada vez menos positivo até o esgotamento da planta. Uma das maneiras de verificar a eficiência imediata dos herbicidas, principalmente dos inibidores do fotossistema II, no controle de plantas daninhas é através do fluorômetro. Com o aparelho é possível registrar a fluorescência que o aparato fotossintético da planta emite durante a fase inicial da fotossíntese nos cloroplastos, relacionado indiretamente com funcionamento adequado da planta. A taxa de transporte de elétrons (ETR) é um dos parâmetros fornecido pelo aparelho que permite avaliar o comportamento da eficiência fotossintética das plantas após a aplicação de herbicidas.

Para *Brachiara plantaginea* (Figura 31), observa-se que houve um declínio mais suave das curvas, demonstrando a intoxicação da planta pelos tratamentos com

atrazina ser mais lento do que para *I. grandifolia*.

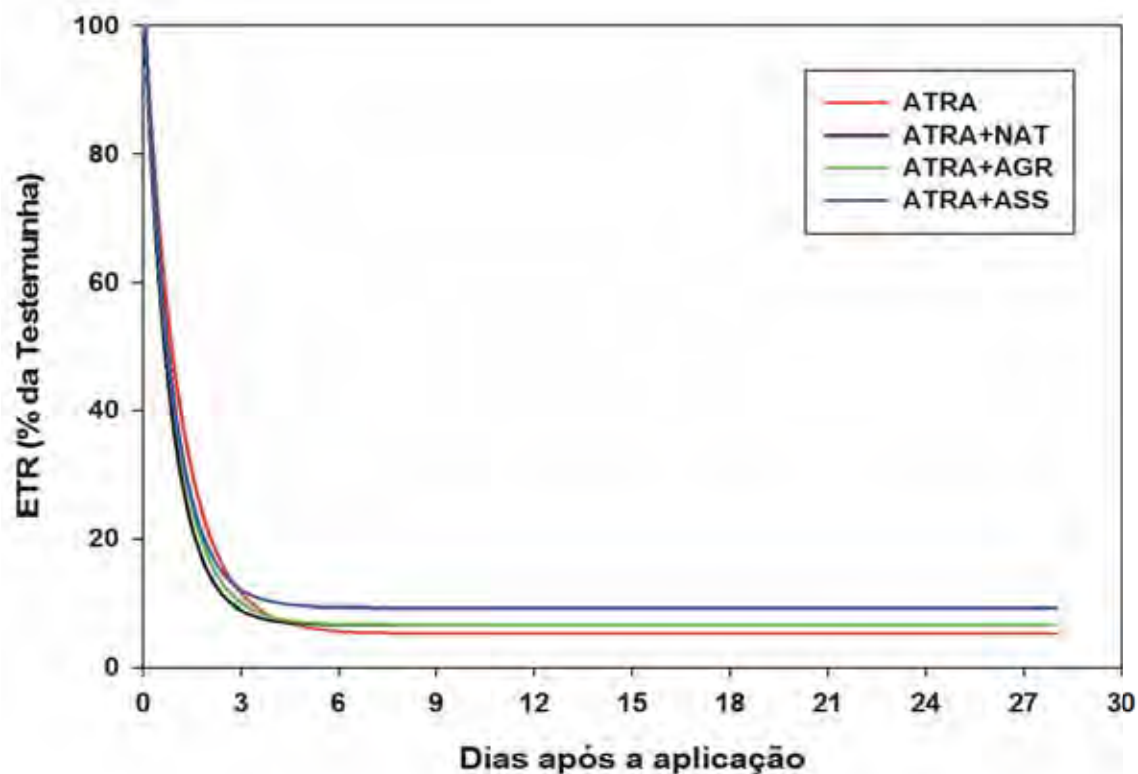


Figura 31. Comportamento da taxa de transporte de elétrons (ETR) para *B. plantaginea* ao longo de 28 dias após a aplicação dos tratamentos. Botucatu/SP 2011.

Tabela 25. Parâmetros do Modelo de Mitcherlich ajustados no comportamento da %ETR para *B. plantaginea* ao longo de 28 DAA (a). Botucatu/SP 2011.

Tratamentos	R ²	Parâmetros do Modelo de Mitcherlich			Valor F
		a	B	c	
Atrazina	0,84	100	0	0,39	8,63
Atrazina + Natur ¹ Óleo	0,79	100	0	0,54	5,89
Atrazina + Agr ¹ Óleo	0,83	100	0	0,48	8,07
Atrazina + Assist	0,74	100	0	0,51	4,40

No entanto, ao 7DAA, a taxa de transporte de elétrons atingiu níveis médios de 85% de redução comparada a testemunha sem aplicação, ou seja, nesse momento o controle médio proporcionado pelos tratamentos foi de 60% com demonstra a Figura 32. O controle da espécie foi significativo durante os 28 dias de avaliação, sendo crescente durante esse tempo. Analisando a porcentagem do ETR ao 21DAA, observou-se que os níveis estavam inferiores a 10%, ou seja, 90% da taxa de transporte de elétrons foi cessada, indicando a intoxicação da planta pelo herbicida atrazina e suas associações com adjuvante.

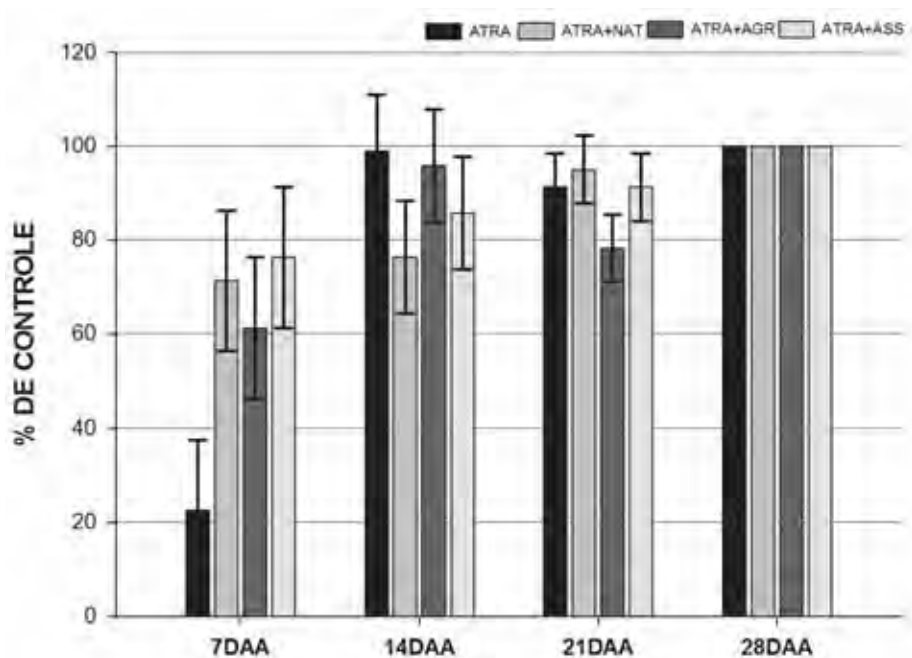


Figura 31. Porcentagem de controle de *B. plantaginea* no estudo da absorção da atrazina através do uso do fluorômetro. (As barras indicam o DMS) Botucatu/SP 2011.

Tabela 26. Análise de variância da comparação das médias de controle de *B. plantaginea* teste de Tukey (5% probabilidade). Botucatu/SP 2011.

BRAPL	7DAA	14DAA	21DAA	28DAA
f	12,47*	3,40*	4,50*	-
CV(%)	23,85	12,52	7,78	-
DMS	28,95	23,45	-	-

(*): significativo a 5% de probabilidade; (°): não significativo a 5% de probabilidade.

Rizzard et al., (2008) estudando a mistura de nicosulfuron +atrazine+óleo vegetal pulverizada em pós-emergência das plantas de milho no estágio V4 (4 folhas expandidas), resultou em boa produtividade de grãos e controle eficaz das plantas daninhas *Brachiaria plantaginea*, *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea*, *Sida* e *Amaranthus*. Theisen et al. (2000), visando ao controle de papua (*Brachiaria plantaginea*), notaram que a dose de 3,0 kg ha⁻¹ de atrazine apresentou 82% de eficácia de controle desta espécie, quando aplicado logo após a semeadura. Para Brighenti et al. (1998), o atrazine foi eficiente no controle de *Sida rhombifolia*, entretanto, não controlou, eficientemente, a *Brachiaria plantaginea*.

Analisando os dados da % de ETR nas primeiras horas de avaliação, houve um destaque para o tratamento com atrazina aplicada isolada, pois apresenta a menor taxa de transporte, por outro lado o tratamento com adição do Natur'l Óleo promoveu uma maior redução do ETR, podendo-se observar que esse tratamento proporcionou uma absorção mais rápida da atrazina pela *B. plantaginea* quando comparada aos outros tratamentos.

Para *B. plantaginea*, diferentemente da *I. grandifolia*, a tendência de queda do ETR se mostra mais relevante a partir de 6 horas após a aplicação, porém sua taxa média de porcentagem não ultrapassou 35% de queda em relação a testemunha.

Segundo o estudo de Araldi (2010), monitorando o ETR para a *B. decumbens*, concluiu que com quatro horas após a disponibilidade do herbicida em solução ocorreu uma redução de 17% do ETR para a folha adulta em relação ao valor de ETR inicial das folhas sem herbicida. Com 48 horas após a aplicação, essa folha atingiu 60% de redução do ETR, obtendo quase a inibição do transporte de elétrons desta folha.

Esses dados confrontam os dados obtidos no controle da planta durante o monitoramento da taxa de transporte de elétrons. Aos 28DAA todos os tratamentos proporcionaram controle total da espécie e sua porcentagem de ETR foi cessada.

De acordo com os dados obtidos realizou-se uma correlação entre a %ETR e a % de controle das espécies. O período onde ficou mais notável essa relação foi durante o monitoramento a 12 horas após a aplicação dos tratamentos com os dados do controle aos 7DAA, como apresentado nas Figuras 33 e 34.

Esses dados correlacionam todas as médias de controle de todos os tratamentos no período, com as médias do monitoramento da ETR de todos os tratamentos, independente da adição de adjuvantes ou não.

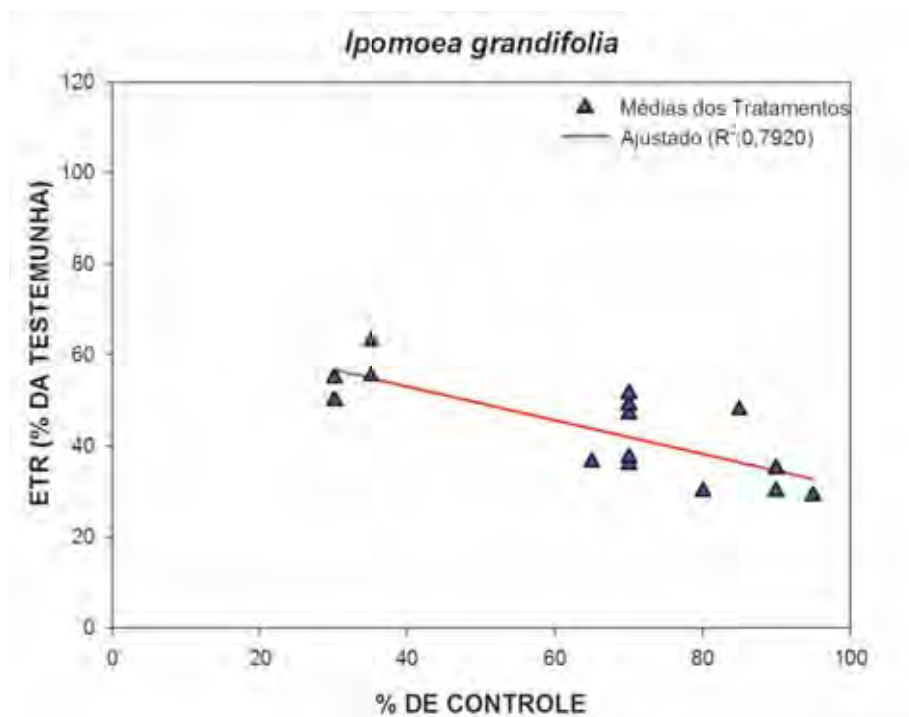


Figura 33. Relação entre a porcentagem de controle aos 7DAA com porcentagem de ETR a 12 horas após aplicação dos tratamentos para *I. grandifolia*. Botucatu/SP 2011.

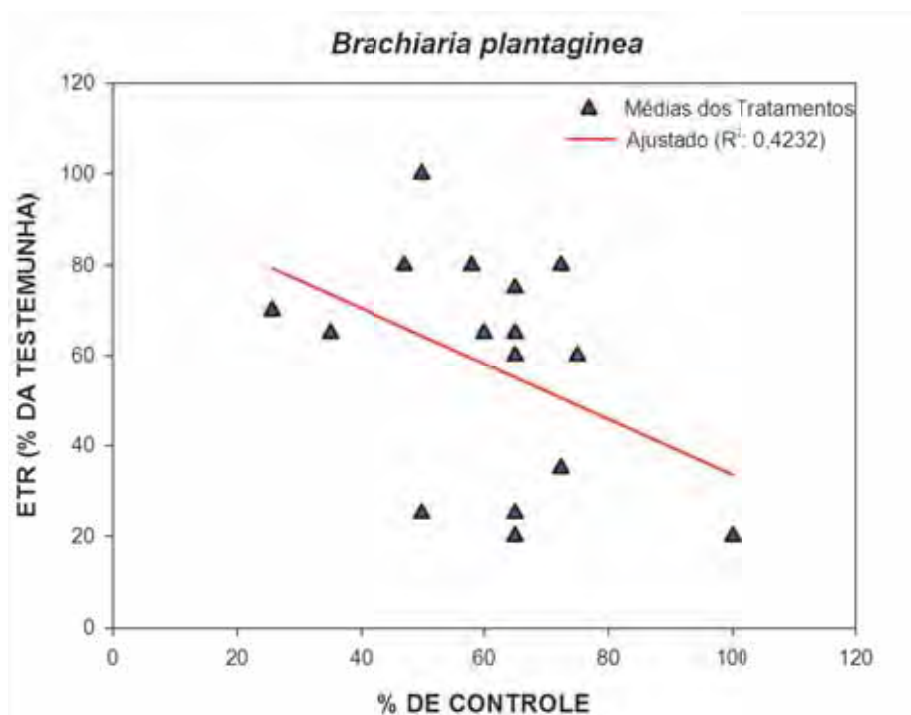


Figura 34. Relação entre a porcentagem de controle aos 7DAA com porcentagem de ETR a 12 horas após aplicação dos tratamentos para *B. plantaginea*. Botucatu/SP 2011.

Portanto, observou-se que a relação ficou mais explícita para *I. grandifolia*, devido a rápida absorção da atrazina. Porém, o mesmo comportamento pode ser observado para a espécie *B. plantaginea*, pois de acordo como a figura demonstra ao decorrer do aumento do controle ou fitotoxicação das espécies o valor da porcentagem da ETR em relação a testemunha decresce linearmente para esse período de tempo estudado.

7 CONCLUSÕES

Nas condições que foram conduzidos os experimentos, concluiu se que:

- O uso de óleos vegetais ou minerais adicionados ao herbicida atrazina não alteraram a tensão superficial e o pH da calda de pulverização.
- O uso de óleos vegetais ou minerais em calda com pH igual a 3,0 apresentou menores valores de tensão superficial de acordo com o tempo de preparo da calda de pulverização quando comparada as caldas em pH 6 e 9.
- O herbicida atrazina adicionado do óleo mineral Agr'Óleo apresentou uma menor evaporação da calda de pulverização.
- O uso de óleos vegetais ou minerais adicionados ao herbicida atrazina aumentou o tamanho das gotas de pulverização, assim como o tratamento com Agr'Óleo apresentou uma maior porcentagem de gotas menores que 100 μm .
- O uso de óleos vegetais ou minerais adicionados ao herbicida atrazina, proporcionou uma melhor eficácia de controle de plantas daninhas.

- Com simulações de 20mm de chuva os óleos minerais Natur'1 Óleo e Agr'Óleo apresentaram um melhor controle de *Ipomoea grandifolia* no período de avaliação. Nas simulações de 40mm de chuva os mesmos tratamentos apresentam um melhor controle inicial de *B. plantaginea*

- O uso do fluorometro demonstrou ser uma ferramenta eficaz para monitorar a absorção da atrazina isolada ou associada a óleos vegetais ou minerais, sendo os tratamentos com Natur'1 Óleo e Assist os que proporcionaram uma maior velocidade de absorção da atrazina nas espécies de *I. grandifolia* e *B. plantaginea*.

8. REFERÊNCIAS

ABBASPOOR, M.; TEICHER H. B.; STREIBIG J. C. The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curve parameters in sugar beet. **Weed Research**, Oxford, v. 46, p. 226-235, 2006.

AHRENS, W. H.; ARNTZEN, C. J.; STOLLER, E. W. Chlorophyll fluorescence assay for the determination of triazine resistance. **Weed Science**, Lawrence, v. 29, p. 316-322, 1981.

ALMEIDA, F. S. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: CURSO para instrutores em manejo e conservação do solo. Ponta Grossa: Iapar/Emater, 1989. p. 123-146.

ALVES, L.W.R. **Efeito da aplicação de doses reduzidas dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

AMSDEN, R.C. Reducing the evaporation of spray. **Agricultural Aviation**, Washington, DC, v. 4, p. 88-93, 1962.

ANTUNIASSI, U. R. Aplicação aérea no controle da ferrugem da soja. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 167-176.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja Fundação Mato Grosso**, Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Influência de adjuvantes e períodos de chuva na aplicação de Haloxyfopmetil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 3419-3423.

ANTUNIASSI, U. R. Spray drift: comparative perspectives between South America and Europe. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne v. 77, p. 267-273, 2006.

ARALDI, R. **Avaliação da absorção do amicarbazone e intoxicação em cana-de-açúcar e plantas daninhas**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010a.

ARALDI, R. Avaliação da eficiência fotossintética da cultivar sp80 3280 de cana-de-açúcar submetida a herbicidas inibidores da fotossíntese em pós-emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 32., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010b. p. 2446-2450.

ARAÚJO, L. P. **Sistema de informações geográficas aplicado à análise das relações da qualidade da água e risco em saúde pública no município de Natal (RN)**. 2006. 125 p. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

ARNTZEN, C. J.; DITTO, C. L.; BREWER, P. E. Chloroplast membrane alterations in triazine-resistant *Amaranthus retroflexus* biotypes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Standford, v. 76, p. 278-282, 1978.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas: EMOPI, 2001. 230 p.

BAKER, N. R.; ROSENQUIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities, **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-162, 2004.

BARBAGALLO, R. P. et al. Rapid, noninvasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 132, n. 2, p. 485-496, 2003.

BARROS, A. C.; UEDA, A.; SCHUMM, K. C. Efeito de herbicidas de pós-emergência, aplicados em várias épocas, comparados com atrazine + metolachlor, em pré-emergência, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 1, n. 3, p. 207-212, 2000.

BASTIANI, M. L. R. **Atividade dos herbicidas nicosulfuron e atrazine, em condições de casa de vegetação e de campo**. 1997. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

BASTIANI, M. L. R. et al. Influência de chuva simulada após aplicação de herbicida em pós-emergência, sobre o controle de plantas daninhas, em solo com dois níveis de umidade. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, p. 57-60, 2000.

BIANCO, C. A. Tensão superficial e estado físico. In: ENCONTRO NACIONAL DE FORMULAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico de São Paulo, 1985. p. 161-172.

BODE, L. E.; BUTLER, B. J.; GOERING, C. E. Spray drift and recovery as affected by spray thickener, nozzle type and nozzle pressure. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 19, p. 209-218, 1976.

BOWN, A. W.; HALL, D. E.; MACGREGOR, K. B. Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 129, p. 1430-1434, 2002.

BRIGHENTI, A. M. et al. Controle químico de plantas daninhas em cultivos sucessivos de milho e feijão. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 109-116, 1998.

BRONIARZ-PRESS, L. et al. The atomization of water-oil emulsions. **Experimental Thermal Fluid Science**, Davis, v. 33, n. 6, p. 955-962, 2009.

BUHLER, D. D.; BURNSIDE, O. C. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 2, p. 163-169, 1983.

BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, p. 41-50, 1997.

BUTLER ELLIS, M.C. The effect of spray liquid on the application of pesticide sprays. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 167-176.

CAMARGO, A. P. et al. Aptidão ecológica de culturas agrícolas. In: SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO (SÃO PAULO). (Org.). **Zoneamento agrícola do estado de**

São Paulo. Campinas, 1977. v. 2 , p. 7-131.

CARBONARI, C. A. et al. Controle químico de *Panicum repens* e *Paspalum repens*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 453-460, 2004.

CARBONARI, C. A. et al. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CARLSEN, S. C. K et al. Drift of 10 herbicides after tractor spray application. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 64, n. 5, p. 787-794, 2006

CATUNDA, M. G. et al. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 115-121, 2005.

CHAPPLE, C. A.; DOWNER, R. A.; HALL, F. R. Effects of spray adjuvants on swath patterns and droplet spectra for a flat-fan hydraulic nozzle. **Crop Protection**, Guilford, v. 12, n. 8, p. 579-590, 1993.

CHRISTENSEN, M. G.; TEICHER, H. B.; STREIBIG, J. C. Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. **Pesticide Management Science**, New York, v. 59, n. 12, p. 1303-1310, 2003.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p. (Boletim técnico 5).

CONTIERO, R. L. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários: classes, propriedades e usos. IN: COPAVE/COODETEC/BAYER CROPSCIENCE. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas III**. Cascavel, 2005. p. 29-54 (Encontro técnico, 10).

CORRÊA, C. M. D. **Efeito de óleo de soja na persistência de endosulfan no ambiente**. 2005. 85 f. Dissertação (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas)-Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CORRÊA, T. M.; VELINI, E. D. Desenvolvimento de equipamento para medição da tensão superficial estática de soluções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA PLANTAS

DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002. p. 686.

COSTA, A. G. F. et al. Validation of wind tunnel methods for assessing the drift from agricultural spraying systems. In: THE BCPC INTERNATIONAL CONGRESS CROP SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2005, Glasgow. **Abstracts...** Alton: BCPC, 2005. p. 897-902.

COSTA, A. G. F.; MILLER, P. C. H.; TUCK, C. R. The development of wind tunnel protocols or spray drift risk assessment. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 77, p. 289-294, 2006.

COSTA, E. A. D. **Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de rodeo.** 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicide. In: TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide: an advanced treatise.** New York: Academic Press, 1967. p. 239-86.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulica de jato plano e jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 19, p. 977-985, 2004.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxico em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 10-15, 2007. Número especial.

CURRAN, W. S. et al. Adjuvants for enhancing herbicide performance. **Agronomy Facts**, Pennsylvania, v. 37, p. 1-5, 1999.

DAN, H. A. et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 388-393, out./dez. 2010.

DAYAN, F. E.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D. Amicarbazone, a new photosystem II inhibitor. **Weed Science**, Champaign, v. 57, p. 579-583, 2009.

DE RUITER, H. Developments in adjuvant use for agrochemicals. **Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biological Wet**, Cieszynski, v. 67, n. 2, p. 19-25, 2002.

DEUBER, R. Controle de plantas daninhas na cultura da soja. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **A soja no Brasil Central**. 2. ed. Campinas, 1982. p. 367-392.

DEUBER, R.; DUARTE, A. P. Manejo da flora infestante em milho “safrinha” com misturas de subdoses de atrazine + óleo vegetal com 2,4-D. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997. Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu, MG: SBCPD, 1997. p. 211.

DOURADO NETO, D. et al. Controle de plantas infestantes em semeadura direta com a adição de adjuvante ao herbicida glyphosate. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 53-61, 2004.

DOWNER, R. A.; HALL, F. R.; THOMPSON, R. S. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactant concentration gradients. **Atomization Sprays**, Redding, v. 8, p. 241-254, 1998.

DURIGAN, J. C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: Funep, 1993. 43 p.

ETHERIDGE, R. E.; WOMAC, A. R.; MUELLER, C. T. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, p. 765-70, 1999.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, M. C. Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários em cana-de-açúcar. In: Atualização em produção de cana-de-açúcar, 2006, v.1, p. 293-303.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
Agricultural pesticide sprays. Rome, 1998. v. 2.

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, v. 17, n. 1, p. 119-120, 1999.

GOPINATH, K. A.; KUNDU, S. Effect of dose and time of atrazine application on weeds in maize (*Zea mays*) under mid-hill conditions of northwestern himalayas. **Indian Journal of Agricultural Science**, Maharanna, v. 78, n. 3, p. 254-257, 2008.

GREEN, J. M.; BEESTMAN, G. B. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, n. 3, p. 320-327, 2007.

GREEN, J. M.; HAZEN, J. L. Understanding and using adjuvants properties to enhance pesticide activity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMISTS, 5., 1998, Tennessee. **Proceedings...** Memphis: ISAA, 1998. p. 25-36.

GREEN, J.M. Factors that influence adjuvant performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 60., 2001, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: ISAA, 2001. p. 179-190.

HATTON, P. J.; COLE, D. J.; EDWARDS, R. Influence of plant age on glutathione levels on glutathione transferases involved in herbicide detoxification in corn (*Zea mays*) and giant foxtail (*Setaria faberi* Herrm). **Pesticide Biochemistry and Physiology**. San Diego, v. 54, n. 24, p. 199-209, 2006.

HAVAUX, M.; NIYOGI, K. K. The violaxanthin cycle protects plantas from photooxidative damage by more than one mechanism. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Standford, v. 96, p. 8762-8767, 1999.

HESS, F. D. Adjuvants. In: HERBICIDE action course 1997. Purdue University: West Lafayette, 1997. p. 38-61.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas.** 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

JAKELAITIS, A. et al. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 279-285, 2001.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu, MG. **Palestras...** Caxambu, MG: SBCPD, 1997. p. 61-77.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas.** São Paulo: BASF, 1997. v. 2, 978 p.

KLECZKOWSKI, L. A. Inhibitors of photosynthetic enzymes/carriers and metabolism. **Physiology Plant and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 339-367, 1993.

KNOCHE, M. Effect of droplet size and Carrier volume on performance of foliage applied herbicides. **Crop Protection**, Guildford, v. 13, n. 3, p. 163-178, 1994.

KOGAN, M.; PÉREZ J. A. Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2003. 331 p.

KORRES, N. E.; FROUD-WILLIAMS, R. J.; MOSS, S. R. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid diagnostic test of the effects of the photosynthetic inhibitor chlortoluron on two winter wheat cultivars. **Applied Biology**, Islington, v. 143, p. 53-56, 2003.

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

LAWSON, H. **Food oils and fats: technology, utilization and nutrition.** New York: Chapman & Hall, 1995. 339 p.

LEFEBVRE, A. H. **Basic processes in atomization**. Philadelphia: Hemisphere, 1989. p. 27-78.

MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência de paraquat e msma isolados e associados a adjuvantes no manejo de plantas daninhas. **Global Science e Technology**, Indiana, v. 4, n. 1, p. 70-81, 2011.

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

MACIEL, C. D. G. **Simulação do caminhamento de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhadas utilizadas no sistema de plantio direto**. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MARCONDES, D. D. et al. Efeitos da adição de óleo vegetal ou espalhante a calda do atrazine na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SBCPD, 1997. p. 217.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; MARTINS, D. Seletividade de herbicidas sobre a produtividade e a qualidade de sementes de sorgo granífero. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 27, n. 1, p. 37-42, 2006.

MARTINS, D. et al. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de *Pistia stratiotes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 343-348, 2005.

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

McCORMICK, R. W. Effects of CO₂, N₂, air and nitrogen salts on the spray solution pH. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, p. 910-912, 1990.

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, 2007. Número especial.

MERVOSH, T. L.; BALKE, N. E. Effects of calcium, magnesium, and phosphate on glyphosate absorption by cultured plant cells. **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 3, p. 347-353, 1991

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, n. 8-9, p. 609-615, 2000.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes agrícolas na redução da tensão superficial**. 2001. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MONTÓRIO, G. A.; VELINI, E. D.; MONTÓRIO, T. Definição de um coeficiente de eficácia para estudo de tensão superficial com surfactantes siliconados e não siliconados. **Scientia Agrária Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 3, n. 1, p. 25-34, 2004.

MUDHOO, A.; GARK, V. K. Sorption, Transport and transformation of atrazine in soils, minerals and composts: a review. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 2, p. 11-25, Feb. 2011.

NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. 2,4-D and salt combination affect glyphosate phytotoxicity. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 2, p. 322-327, 1992.

NUYTTENS, D. et al. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 50, n. 4, p. 1129-1140, 2007.

OLIVEIRA, J. G.; ALVES, P. L. C. A.; MAGALHÃES, A. C. The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings: the protective action of chloroplastid pigments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 95-104, 2002.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparisons of sun and shade plants. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. **Photoinhibition and photosynthesis: from molecular mechanisms to the field**. Abingdon: Bios Scientific, 1994. p. 1-24.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Editora do Autor, 2006. 101 p.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F. et al. Momento da chuva após a aplicação e a eficácia dos herbicidas sulfosate e glyphosate aplicados em diferentes formulações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 115-123, 2002.

RADOSEVICH, M. et al. Biodegradation of atrazine in surface soils and subsurface sediments collected from an agricultural research farm, **Biodegradation**, New York, v. 7, p. 137-149, 1989.

RAMOS, M. C.; QUINTON, J. N.; TYRREL, S. F. Effects of cattle manure on erosion rates and runoff water pollution by faecal coliforms. **Journal of Environmental Management**, Berkeley, v. 8, n. 1, p. 97-101, 2006.

RAMSDALE, B. K.; MESSERSMITH, C. G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**, Champaign, v. 15, p. 485-491, 2001.

RAMSEY, R. J. L.; STEPHENSON, G. R.; HALL, J. C. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amherst, v. 82, p. 162-175, 2005.

RHEINHEIMER, D. S.; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio grande do sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

RICHARD JÚNIOR, E. P. et al. Determination of herbicide inhibition of photosynthetic electron transport by fluorescence. **Weed Science**, Champaign, v. 31, p. 361-367, 1983.

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

RIZZARDI, M. A. et al. Controle de plantas daninhas em milho em função de épocas de aplicação de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2008.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Editora dos Autores, 2005. 592 p.

- RODRIGUES, B. N.; LIMA, J.; YADA, I. F. U. Retenção pela palhada de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 1, p. 67-72, 2000.
- ROMAN, E. S. Influência de chuva simulada na eficácia de diferentes formulações e doses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 119-124, 2001.
- SANTOS, C. A. L.; ROZANSKI, A. Controle de plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.) por meio de herbicidas. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 120-123, 1979.
- SANTOS, J. M. F. D. et al. Pulverização uso correto e adequado do turbo atomizador em cultivos citrícolas. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 10, n. 59, ago. 2007.
- SCHÖNHERR, J. et al. Foliar uptake of pesticides and its activation by adjuvantes: Theories and methods for optimization. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY: ADVANCES IN INTERNATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT, AND LEGISLATION, 7., 1990, Hamburgo. **Proceedings...** Weinheim: VCH, 1991. p. 237-253.
- SHERRICK, S. L.; HOLT, J. A.; HESS, F. D. Absorption and translocation of MON 0818 adjuvant in field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, Champaign, v. 34, p. 817-823, 1986.
- SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-148.
- SILVA, F. M. L.; VELINI, E. D.; CORRÊA, T. M. Influência dos íons Mg, Ca, Fe, Cu e Zn sobre a tensão superficial estática de soluções contendo surfatante. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 589-595, 2006.
- SILVA, J. B.; UEDA, A. Controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho com atrazina e óleo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Sete Lagoas. **Resumos...** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1986. p. 20-21.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos**

para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, 1995. 42 p.

SOUZA, G. S. F. **Intervalos de chuva na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência.** 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUZA, J. P.; PRADO, C. H. B. A. Influência de um bloqueador do transporte de elétrons na variação diurna da fotossíntese líquida e da fluorescência da clorofila. In: PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral.** Barueri: Manole, 2008.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 873-884, 2009.

SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. Tecnologia na aplicação de herbicidas. In: SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. (Eds.). **Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 41-53.

STAHLMAN, P. W.; PHILLIPS, W. M. Inhibition of glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 575-577, 1979.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, New York, v. 38, n. 2-3, p. 165-77, 1993.

STOUGAARD, R. M. Adjuvant combinations with quizalofop for wild oat (*Avena fatua*) control in pepper (Mentha piperita). **Weed Technology**, Champaign, v. 11, p. 45-50, 1997.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters.** 3rd ed. New York: John Wiley, 1996. 1022 p.

THEISEN, G. et al. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) com atrazine na cultura do sorgo em terras baixas de clima temperado. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 728-732. (Documentos, 70).

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. 90 p.

THELEN, K. D.; JACKSON, E. P.; PENNER, D. The basis for hard-water antagonism of glyphosate activity. **Weed Science**, Champaign, v. 43, n. 4, p. 541-548, 1995.

TIMMERMAN, K. P. Molecular characterization of corn glutathione S-transferase isozymes involved in herbicide detoxification. **Physiology Plant**, Copenhagen, v. 77, p. 465-471, 1989.

TIMOSSI, P. C. Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 175-179, 2009.

UNDERWOOD, A. K. Adjuvant trends for the new Millennium. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, n. 4, p. 765-772, 2000.

VAN OORSCHOT, J. L. P.; VAN LEEUWEN, P. H. Use of fluorescence induction to diagnose resistance of *Alopecurus myosuroides* Huds. (black-grass) to chlortoluron. **Weed Research**, Oxford, v. 32, p. 473-482, 1992.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, p. 123-134, 2000.

WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 4, n. 1, p. 215-232, 1989.

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca: Cornell University, 2001. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/genpeapp-adjuvants.html>>. Acesso em: 10 out. 2010.

XIA, X. J. et al. Pesticides-induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. **Pesticide Biochemistry Physiological**, Amherst, v. 86, n. 1, p. 42-48, 2006.

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. **Journal Photobiological B: biological**, Quebec, v. 36, p. 3-15, 1996.

YU Y. et al. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009.