

RICARDO CAMARA WERLANG

**GLYPHOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS:
EFEITOS DE FORMULAÇÕES, DOSES E INTERVALOS
ENTRE APLICAÇÃO E CHUVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

W489g
2002

Werlang, Ricardo Camara, 1977-

Glyphosate no controle de plantas daninhas : efeitos de formulações, doses e intervalos entre aplicação e chuva / Ricardo Camara Werlang. – Viçosa : UFV, 2002. 77p. : il.

Orientador: Antonio Alberto da Silva
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Glifosato - Aplicação - Efeito da chuva. 2. Herbicidas organofosforados - Formulação - Efeito da chuva. 3. Herbicidas dessecantes - Absorção. 4. Herbicidas dessecantes - Translocação. 5. Erva daninha - Controle - Efeito de herbicidas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 632.954

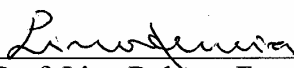
CDD 20.ed. 632.954

RICARDO CAMARA WERLANG


**GLYPHOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS:
EFEITOS DE FORMULAÇÕES, DOSES E INTERVALOS ENTRE
APLICAÇÃO E CHUVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

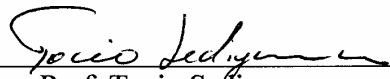
APROVADA: 24 de julho de 2002.



Prof. Lino Roberto Ferreira
(Conselheiro)



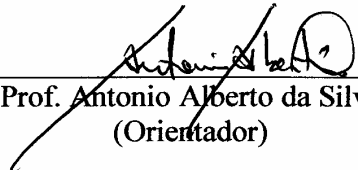
Prof. Paulo Roberto Cecon



Prof. Tocio Sedyama



Dr. Rogerio Faria Vieira



Prof. Antonio Alberto da Silva
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A DEUS, pela vida, saúde, força, seu amor e por ter me abençoado, ajudando a superar mais uma etapa da vida.

Aos meus pais Lauro Antônio Werlang e Marli Camara Werlang e aos meus irmãos Rodrigo Camara Werlang e Raquel Camara Werlang, pelo apoio, pela compreensão e pelo carinho.

À Andreia Barcelos Passos Lima, pelo amor, pela compreensão, paciência e pelo apoio constante.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Antonio Alberto da Silva e Lino Roberto Ferreira, pela amizade e orientação constante e segura.

Aos professores Francisco Afonso Ferreira e Glauco Vieira Miranda, pela atenção e pelas sugestões sempre oportunas.

Aos professores Tocio Sedyama e Paulo Roberto Cecon e ao pesquisador Rogério Faria Vieira, pelas sugestões, que muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Ao laboratorista Luís e aos estudantes Marcelo, Mauro, José Luis e Tadeu, pelo companheirismo, pela amizade e disponibilidade.

BIOGRAFIA

RICARDO CAMARA WERLANG, filho de Lauro Antônio Werlang e Marli Camara Werlang, nasceu em 6 de junho de 1977, em Alto Araguaia-MT.

Em 1995, iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Uberlândia-MG, concluindo-o em julho de 2000.

Em agosto de 2000, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2002.

Em agosto de 2002, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICIÊNCIA NO CONTROLE DE <i>Brachiaria decumbens</i> POR DIFERENTES FORMULAÇÕES E DOSES DE GLYPHOSATE	4
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICÁCIA DE DIFERENTES DOSES E FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO CONTROLE DE <i>Bidens pilosa</i>	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4. CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

	Página
EFEITO DO CORTE DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE <i>Brachiaria decumbens</i> E DA CHUVA APÓS A APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DE GLYPHOSATE	43
RESUMO	43
ABSTRACT	44
1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1. Estudo comparativo da absorção e translocação de glyphosate em <i>Brachiaria decumbens</i>	50
3.2. Efeito do corte e da chuva sobre a eficiência de controle de <i>Brachiaria decumbens</i> por duas formulações de glyphosate	56
4. CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICÁCIA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO CONTROLE DE <i>Brachiaria decumbens</i> NO CAMPO	62
RESUMO	62
ABSTRACT	63
1. INTRODUÇÃO	64
2. MATERIAL E MÉTODOS	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
2. RESUMO E CONCLUSÕES	76

RESUMO

WERLANG, Ricardo Camara, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2002. **Glyphosate no controle de plantas daninhas: efeitos de formulações, doses e intervalos entre aplicação e chuva.** Orientador: Antonio Alberto da Silva. Conselheiros: Lino Roberto Ferreira e Glauco Vieira Miranda.

A ocorrência de chuva após a aplicação de glyphosate reduz a sua eficácia no controle de plantas daninhas, exigindo, assim, um período sem chuva após a aplicação para proporcionar controle adequado da espécie. Esse período crítico sem chuva após a aplicação é dependente da formulação e da dose do herbicida, da espécie de planta daninha e seu desenvolvimento e da quantidade e intensidade da chuva. O conhecimento da interação entre esses fatores em condições brasileiras é importante para o melhor aproveitamento do potencial de cada herbicida e menor agressão ao ambiente. Por isso, foram realizados, na Universidade Federal de Viçosa, de agosto de 2000 a junho de 2002, quatro experimentos, com o objetivo de avaliar os efeitos da chuva na eficácia de diferentes formulações de glyphosate - potássico (Zapp Qi), isopropilamina (Roundup Transorb) e amônio (Roundup WG). No primeiro experimento teve-se como objetivo estudar os efeitos da chuva na eficiência de controle de *Brachiaria decumbens* por diferentes formulações de

glyphosate. Constatou-se que todas as formulações foram afetadas pela ocorrência de chuva, e a redução no controle foi maior nos menores intervalos sem chuva após a aplicação. As formulações com glyphosate potássico e glyphosate isopropilamina demonstraram controle superior da espécie comparado à formulação contendo glyphosate amônio, exigindo, ainda, menor intervalo sem chuva após a aplicação do que a formulação com sal amônio. No segundo experimento, estudaram-se os efeitos da chuva na eficiência de controle de *Bidens pilosa* por diferentes formulações de glyphosate. Nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (uma, duas e quatro horas) o glyphosate isopropilamina foi superior no controle da espécie, em relação ao glyphosate potássico e amônio. As formulações glyphosate isopropilamina e potássico proporcionaram menor produção de matéria seca de *B. pilosa* quando comparadas com a de amônio, sendo, portanto, superiores no controle desta espécie. O terceiro experimento teve como objetivo estudar a absorção e a translocação de glyphosate em *B. decumbens*, não ocorrendo diferença entre as formulações com glyphosate potássico e glyphosate isopropilamina na dose de 900 g ha⁻¹ de eq.ac.; houve necessidade de um período de 4 e 24 horas após a aplicação para proporcionar, respectivamente, absorção e translocação do herbicida em quantidade adequada para refletir controle eficiente da espécie. No quarto experimento estudou-se o efeito da chuva na eficiência de controle de *B. decumbens* por diferentes formulações em campo. Os resultados evidenciaram que o período de pelo menos quatro horas sem chuva foi necessário para proporcionar controle de *B. decumbens* semelhante ao da testemunha sem chuva para todas as formulações de glyphosate avaliadas na dose de 1.080 g ha⁻¹ de eq.ac. Os resultados permitiram concluir que o glyphosate é facilmente influenciado pela ocorrência de chuva após aplicação e que todas as formulações apresentaram redução de sua eficácia com a ocorrência de chuva. O intervalo sem chuva após a aplicação exigido para proporcionar controle adequado é dependente da formulação, dose e espécie de planta daninha. A redução no controle foi maior à medida que se diminuía o intervalo sem chuva após a aplicação. As formulações com glyphosate

potássico e glyphosate isopropilamina são semelhantes e exigiram menor intervalo sem chuva após aplicação do que a formulação com glyphosate amônio no controle de *B. decumbens* e *B. pilosa*.

ABSTRACT

WERLANG, Ricardo Camara, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2002. **The glyphosate control over weeds: effects of the formulations, doses and intervals between application and rainfall.** Adviser: Antonio Alberto da Silva. Committee members: Lino Roberto Ferreira and Glauco Vieira Miranda.

The rainfall events after application of the glyphosate reduces this herbicide effectiveness in controlling the weeds. So, a dry period is required after the glyphosate application to provide an adequate control over a given species. This critical dry period after the glyphosate application depends on formulation and dose of this herbicide, the weed species and development, and the amount and intensity of rainfall. The knowledge about the interaction among these factors under Brazilian conditions is important for a better use of each herbicide potential and a lower aggression to the environment as well. So, four experiments were carried out over the period from August 2000 to June 2002 at the Universidade Federal de Viçosa, aiming to evaluate the effects of the rainfall on the effectiveness of different glyphosate formulations – potassic (Zapp Qi), isopropylamine (Roundup Transorb) and ammonium (Roundup WG). The first experiment was carried out to study the effects of the rainfall on the efficiency in controlling the *Brachiaria decumbens* by

different glyphosate formulations. It was found that all glyphosate formulations were affected by rainfall events, as well as the reduction in weed control was higher over the shortest dry intervals after the herbicide application. The formulations with potassic glyphosate and isopropylamine glyphosate showed a higher control over this species compared to the formulation containing ammonium glyphosate, besides requiring a shortest dry interval after the herbicide application than the formulation with ammonium salt. In the second experiment, the effects of the rainfall on the efficiency in controlling *Bidens pilosa* by different glyphosate formulations were evaluated. Over the shortest dry intervals after the herbicide application (one, two, and four hours) the isopropylamine glyphosate provided a better control over this species in relation to potassic glyphosate and ammonium glyphosate. The formulations isopropylamine glyphosate and potassic glyphosate provided a lower dry matter yield of *B. pilosa* compared to that obtained by ammonium glyphosate, thus showing to be more efficient in controlling this species. The third experiment was conducted to study the glyphosate uptake and translocation in *B. decumbens*, and no differences occurred between the formulations with potassic glyphosate and isopropylamine glyphosate at the dose of 900 g ha⁻¹ ac. eq.: a period of 4 and 24 hours after the glyphosate application was required to provide the uptake and translocation of this herbicide at an adequate amount to reflect an efficient control over the species. The fourth experiment was conducted to study the effect of the rainfall on the efficiency in controlling *B. decumbens* by different formulations under field conditions. The results showed that a dry period of at least four hours was required to provide a control over *B. decumbens* similar to that of the control-plant (under dry conditions) for all glyphosate formulations evaluated at the dose of 1,080 g ha⁻¹ ac. eq. According to the results, it may be concluded that glyphosate is easily affected by rainfall events after its application, and the effectiveness of all formulations were reduced upon rainfall events. The dry interval after the herbicide application which is required to provide an adequate weed control is dependent on the formulation and dose of the

herbicide, and the weed species as well. The reduction in weed control was increased as the dry interval after the herbicide application was diminished. The formulations with potassic glyphosate and isopropylamine glyphosate showed a similar performance and required a shorter dry interval after their application than the formulation with glyphosate ammonium in controlling *B. decumbens* and *B. pilosa*.

1. INTRODUÇÃO

As condições atuais de disponibilidade de recursos e competição econômica no setor agrícola induzem o racionamento de práticas e insumos, levando os produtores rurais ao emprego constante de novas tecnologias. A utilização racional de defensivos químicos é uma dessas tecnologias indispensável para a produção agrícola em certas condições.

A eficiência de controle das plantas daninhas depende da escolha do herbicida, da dose correta, das condições climáticas e de uma aplicação adequada. No campo, onde são pulverizadas áreas extensas, a ocorrência de condições climáticas inadequadas antes, no momento ou após a aplicação é fato constante, ocasionando falhas no controle.

O glyphosate é o principal herbicida utilizado como dessecante no sistema de plantio direto, devido a seu amplo espectro de controle, por controlar plantas daninhas perenes, não deixar resíduo no solo para as culturas seguintes, ocasionar baixa agressividade ao ambiente quando utilizado corretamente e possuir baixo custo.

Vários fatores influenciam a atividade do glyphosate, como: dose aplicada; espécie de planta daninha, seu estágio de desenvolvimento e atividade metabólica; volume de aplicação (concentração na calda de aplicação); adjuvantes; qualidade de água; interação com outros herbicidas;

elementos climáticos (chuva, temperatura, intensidade luminosa e umidade relativa); e formulação.

Antes de apresentar ação fitotóxica, o glyphosate deve ser absorvido e alcançar o sítio de ação localizado no interior de uma organela. No entanto, após atingir a superfície foliar, o herbicida está sujeito a vários destinos. A consequência imediata é a menor absorção que é refletida na menor eficiência do herbicida. O glyphosate sozinho não passa facilmente por essas barreiras, sendo sua formulação de extrema importância na eficiência do herbicida.

O glyphosate possui absorção relativamente lenta, o que favorece o efeito da chuva na redução de sua eficácia, quando esta ocorre após a aplicação do herbicida. A chuva lava o herbicida ainda não absorvido, ocasionando redução da quantidade do herbicida absorvido e, conseqüentemente, translocado na planta. Portanto, após a aplicação do glyphosate é necessário período de tempo sem a ocorrência de chuvas, denominado período crítico. Esse período é necessário para que ocorra a absorção de quantidade adequada de glyphosate para proporcionar controle eficiente das plantas daninhas.

A penetração e absorção, a retenção superficial e a lavagem do herbicida dependem do tipo de herbicida, dos carregadores, dos diluentes, dos adjuvantes, do grau de volatilização, da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta daninha e dos fatores climáticos. A formação de maior gradiente de concentração entre a gota e a folha e a permanência do herbicida sobre a folha são os principais fatores que aumentam a taxa de absorção. Diferentes formulações de mesmo herbicida podem alterar a absorção e a translocação do ingrediente ativo, influenciando a eficiência do controle das espécies daninhas.

De modo geral, a ocorrência de chuva logo após a aplicação de herbicidas, além de reduzir-lhes a toxicidade, provoca contaminação do ambiente devido à lavagem do produto ainda não absorvido pela superfície foliar. Esse escoamento dos herbicidas para fora de seus alvos de ação e seus impactos no ambiente têm-se tornado preocupação constante dos pesquisadores.

Portanto, o período crítico entre a aplicação do herbicida em pós-emergência e a ocorrência de chuva varia com o princípio ativo, o tipo de formulação, a dose empregada e sua concentração, a solubilidade do produto em água, a espécie de planta daninha, as condições de desenvolvimento desta e a quantidade e intensidade de chuva.

A interação entre todos esses fatores proporciona maior ou menor controle da espécie, e o conhecimento detalhado dessas interações possibilita melhor aproveitamento do potencial de cada herbicida e, conseqüentemente, menor agressão ao ambiente. No entanto, as informações sobre a interação entre esses fatores são escassas, principalmente no que se refere às formulações disponíveis, às doses aplicadas e às plantas daninhas-problema.

EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICIÊNCIA NO CONTROLE DE *Brachiaria decumbens* POR DIFERENTES FORMULAÇÕES E DOSES DE GLYPHOSATE

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de doses das diferentes formulações de glyphosate - amônio (Roundup WG), isopropilamina (Roundup Transorb) e potássico (Zapp Qi) - sobre as plantas de *Brachiaria decumbens* em condições controladas, quando submetidas à chuva de 20 mm durante 30 minutos, nos intervalos de 1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas após aplicação desses produtos. A ocorrência de chuvas após a aplicação de glyphosate proporcionou redução no controle de *B. decumbens*, e essa redução foi maior à medida que se diminuía o intervalo sem chuva após a aplicação. As formulações glyphosate potássico e isopropilamina demonstraram controle de *B. decumbens* superior ao glyphosate amônio. Esse efeito foi também observado no acúmulo de matéria seca da rebrota, avaliada aos 19 dias após o corte da parte aérea das plantas. Foram necessários intervalos de pelo menos 8, 11 e 12 horas sem chuva após aplicação, respectivamente para o glyphosate potássico, isopropilamina e amônio na dose de 1.440 g ha⁻¹, para obter controle maior do que 80%. Na dose de 2.160 g ha⁻¹, necessitou-se de intervalos de pelo menos cinco, sete e nove horas sem chuva, respectivamente para as formulações glyphosate potássico, isopropilamina e amônio, para proporcionar o mesmo controle de *B. decumbens*. Na avaliação da matéria seca acumulada na rebrota, o glyphosate potássico proporcionou controle excelente da espécie (rebrota menor do que 5%) a partir de quatro e cinco horas sem chuva após aplicação, respectivamente, nas duas maiores doses (2.160 e 1.440 g ha⁻¹). Para o glyphosate isopropilamina, nas doses de 2.160 e 1.440 g ha⁻¹, o mesmo controle foi obtido a partir de 7 e 12 horas sem chuva, respectivamente. Concluiu-se que as formulações glyphosate potássico e isopropilamina são menos afetadas pela ocorrência de chuva após a aplicação e demandam menor intervalo livre de chuva do que o glyphosate amônio.

Palavras-chave: glyphosate potássico, glyphosate isopropilamina, glyphosate amônio.

Effects of the rainfall on the efficiency in controlling *Brachiaria decumbens* by different formulations and doses of glyphosate

SUMMARY

This study aimed to evaluate the effects from doses of the different glyphosate formulations - ammonium (Roundup WG), isopropylamine (Roundup Transorb) and potassic (Zapp Qi) - on *Brachiaria decumbens* plants under controlled conditions, when submitted to a 20mm rainfall for 30 minutes at intervals of 1, 2, 4, 6, 12 and 24 hours after application of these herbicides. The rainfall events after the glyphosate application reduced the control over *B. decumbens* and this reduction was higher as the dry interval after glyphosate application was diminished. The formulations of potassic glyphosate and isopropylamine showed a higher control over *B. decumbens* than the ammonium glyphosate. This effect was also observed in the dry matter accumulation of the resprouting, which was evaluated at 19 days after excising the plant aerial parts. Dry intervals of at least 8, 11 and 12 hours after the herbicide application were required, respectively for potassic, isopropylamine and ammonium glyphosate at the dose of 1,440 g ha⁻¹, to obtain a control above 80%. Dry intervals of at least 5, 7, and 9 hours were required, respectively for potassic, isopropylamine, and ammonium glyphosate formulations at the dose of 2,160 g ha⁻¹, to obtain the same control over *B. decumbens*. In evaluating the dry matter accumulation of the resprouting, the potassic glyphosate provided an excellent control over the species (resprouting lower than 5%) from four to five hours without rainfall after the herbicide application at the higher two doses (2,160 and 1,440 g ha⁻¹). For isopropylamine glyphosate at the doses of 2,160 and 1,440 g ha⁻¹, the same control was obtained from 7 and 12 hours without rainfall, respectively. It was concluded that both the potassic and isopropylamine glyphosate formulations are less affected by rainfall events after the herbicide application, besides requiring a shorter dry interval than the ammonium glyphosate.

Keywords: potassic glyphosate, isopropylamine glyphosate, ammonium glyphosate.

1. INTRODUÇÃO

A eficiência no controle das plantas daninhas depende da escolha do herbicida, da dose correta, das condições climáticas e de uma aplicação adequada. No campo, onde são pulverizadas áreas extensas, a ocorrência de condições climáticas inadequadas antes, no momento ou após a aplicação é fato constante, ocasionando falhas no controle, podendo até inviabilizar, do ponto de vista econômico, a cultura em questão.

O glyphosate pertence ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo (Rodrigues & Almeida, 1998). Atualmente estão disponíveis no mercado diversas formulações de glyphosate, porém todas apresentam o mesmo mecanismo de ação, independentemente dos sais utilizados (Hartzler, 2001). Entre os sais utilizados na formulação de glyphosate têm-se: a) sal potássico (Zapp Qi); b) sal de isopropilamina (Roundup Transorb e Roundup CS); e c) sal amônio (Roundup WG e Roundup Multiação). O glyphosate, juntamente com o sulfosate e o paraquat, é o principal herbicida utilizado como dessecante no sistema de plantio direto. O glyphosate é sistêmico, não-seletivo, altamente solúvel em água e seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais para a síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (Hess, 1994).

Na maioria das plantas, o glyphosate é rapidamente translocado das folhas tratadas para os drenos metabólicos, especialmente tecidos meristemáticos e de armazenagem (Bromilow et al., 1990), sendo, por isso, excelente herbicida para o controle de plantas daninhas perenes com órgãos de reserva subterrâneos ou aéreos. Outra vantagem do glyphosate é o fato de apresentar baixa toxicidade à vida aquática e aos mamíferos, em razão de os aminoácidos inibidos pelo glyphosate não serem sintetizados por esses organismos, sendo, ainda, um produto rapidamente inativado no solo (Rodrigues & Almeida, 1998).

Antes de apresentar ação fitotóxica, o herbicida deve ser absorvido via apoplasto e/ou simplasto e alcançar o seu sítio de ação, geralmente localizado no interior de uma organela (Hess & Falk, 1990). No entanto, após atingir a superfície foliar, o herbicida está sujeito a vários destinos: escorrer, ser lavado, secar e formar substância amorfa, cristalizar após a evaporação do solvente ou, ainda, penetrar na cutícula e permanecer retido nela, não sendo translocado. A consequência imediata disso é a menor absorção e, conseqüentemente, a menor eficiência do herbicida. A ocorrência de chuvas nas primeiras horas após as aplicações pode interferir na eficácia dos herbicidas aplicados em pós-emergência, reduzindo o controle das plantas daninhas (Bryson, 1988; Wicks et al., 1993). A penetração e absorção, a retenção superficial e a lavagem do herbicida dependem do tipo de herbicida, carregadores, diluentes, adjuvantes, volatilização, da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta daninha e dos fatores climáticos (Pires, 1998; Jakelaitis et al., 2001). A interação entre todos esses fatores proporciona maior ou menor controle da espécie. O conhecimento detalhado dessas interações possibilita melhor aproveitamento do potencial de cada herbicida.

As diferentes formulações de um herbicida podem alterar a absorção e a translocação do ingrediente ativo, influenciando a eficiência do controle das espécies daninhas (Silva et al., 2000). Pesquisas mostram que o glyphosate requer um período mínimo de quatro horas livre de chuva após a sua aplicação para controlar eficientemente as plantas daninhas (Bryson, 1988). Segundo Pires (1998), nas formulações tradicionais, tanto para sulfosate como para glyphosate, esse período sem chuva após aplicação deve ser de, no mínimo, seis horas para *Brachiaria brizantha*, mesmo quando aplicados em plantas com plena atividade metabólica. No que se refere ao controle de *Digitaria horizontalis*, Jakelaitis et al. (2001) observaram que as formulações de glyphosate isopropilamina (Roundup Transorb), glyphosate potássico (720 g ha⁻¹ de eq.ac.) e, também, o sulfosate (660 g ha⁻¹ eq.ac.) apresentaram ótimo controle da espécie quando o intervalo sem chuva após as aplicações foi de 4-6 horas. Todavia, a formulação tradicional de glyphosate e a formulação

de sal amônio (WG) foram as mais afetadas pela chuva em todos os intervalos avaliados, quando comparados com os demais tratamentos herbicidas.

O período crítico entre a aplicação do herbicida em pós-emergência e a ocorrência de chuva varia com o ingrediente ativo, o tipo de formulação, a dose empregada, a solubilidade do produto na água, a espécie de planta daninha e seu desenvolvimento, a quantidade e intensidade de chuva (Wicks & Hanson, 1995; Pires, 1998; Jakelaitis et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses das diferentes formulações de glyphosate - amônio (Roundup WG), isopropilamina (Roundup Transorb) e potássico (Zapp Qi) - sobre as plantas de *Brachiaria decumbens*, quando submetidas à chuva de 20 mm durante 30 minutos, nos intervalos de 1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas após aplicação desses produtos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de novembro de 2000 a abril de 2001, utilizando-se um Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico, fase terraço. Sementes de *Brachiaria decumbens* foram semeadas em bandejas plásticas, para produção de mudas. Estas foram transplantadas, quando possuíam três folhas, em vasos com capacidade de 3,0 L, contendo solo e fertilizante. A unidade experimental foi constituída por um vaso com quatro plantas, as quais foram podadas a 5 cm do solo, três vezes antes da aplicação dos tratamentos, com o objetivo de obter plantas adultas e com bom desenvolvimento radical, ou seja, plantas bem estabelecidas. A irrigação dos vasos foi feita diariamente, para manter a umidade do solo próximo a 80% da capacidade de campo. Para isso foi utilizado um medidor de potencial de água no solo (Floral Sensor). Foram realizadas adubações de cobertura, semanalmente, com adubo Ouro Verde (15-15-20 NPK + pequenas quantidades de Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn).

Aos 30 dias após a terceira poda das plantas de *B. decumbens*, quando estas apresentavam aproximadamente 55 cm de altura, cerca de oito perfilhos

e com cerca de 15% de flores, foram aplicados os herbicidas, utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo-se a pressão constante em 2,5 kgf cm⁻², munido de barra com dois bicos XR-110.03, aplicando-se o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda. As aplicações foram feitas em intervalos de 24, 12, 6, 4, 2 e 1 hora entre a aplicação dos herbicidas e a simulação da chuva. Durante as aplicações, a umidade relativa do ar foi de 73 ± 10% e a temperatura de 25 ± 1°C. No simulador de chuvas, as plantas em vasos receberam a lâmina de 20 mm de água durante 30 minutos, após decorrido o intervalo de tempo preestabelecido após a aplicação dos herbicidas. A água do simulador apresentava-se com pH 6,07 e temperatura de 21°C.

Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial (3x4x6)+1, ou seja, três formulações de glyphosate (sal potássico - Zapp Qi; sal isopropilamina - Roundup Transorb; e sal amônio - Roundup WG), quatro doses de glyphosate (360, 720, 1.440 e 2.160 g ha⁻¹), seis intervalos sem chuva após as aplicações dos herbicidas (1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas) e a testemunha sem herbicida, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Os herbicidas utilizados no experimento foram: Zapp Qi - formulação comercial (SA) com 50% de glyphosate sal potássico; Roundup Transorb - formulação comercial (SA) com 48% de glyphosate sal isopropilamina; e Roundup WG - formulação comercial (WG) com 72% de glyphosate sal amônio.

A eficiência de controle de *B. decumbens* foi avaliada aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), com base nos sintomas de fitointoxicação, utilizando-se a escala de Frans (1972), em que 0% correspondeu à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas. Aos 39 DAA, as plantas foram cortadas a 5 cm do solo e, decorridos 19 dias, determinou-se a matéria seca da rebrota por vaso. O material vegetal foi secado em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até adquirir peso constante. Os resultados foram expressos por percentagem em relação à testemunha sem herbicida.

As temperaturas máxima e mínima e a umidade relativa do ar verificadas no interior da casa de vegetação durante o período do experimento podem ser observadas na Figura 1.

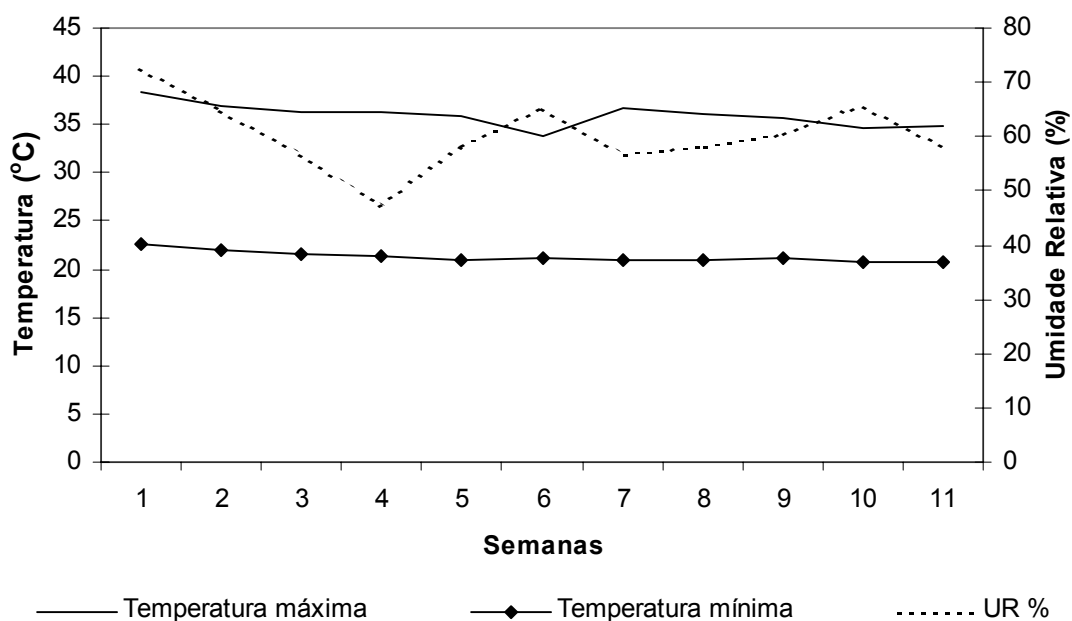


Figura 1 - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, média semanal durante o período de realização do experimento, implantado em 01.02.2001.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo (formulações) as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Em se tratando dos fatores quantitativos utilizou-se a metodologia de superfície de resposta, e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste de “t” em nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo. Na interpretação dos dados das avaliações de controle a testemunha não foi considerada uma vez que os valores da percentagem de controle são obtidos tendo ela como referência.

As funções foram analisadas e trabalhadas para visualização gráfica pelo *software* Statistica (1999). Para melhor visualização dos resultados obtidos, o controle de *B. decumbens* foi dividido em cinco faixas: 90 a 100% = controle excelente ou total; 80 a 90% = controle bom; 70 a 80% = controle moderado; 50 a 70% = controle deficiente ou inexpressivo; e < que 50% = controle inadequado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das análises de variância (Tabelas 1 e 2), algumas das interações foram estudadas por superfície de resposta, mesmo não sendo significativas, porém, por demonstrarem importância quanto ao fenômeno em estudo, foi determinada a melhor função que explicasse os resultados analisados. Houve efeito de formulações, doses e intervalos de chuva em todas as características avaliadas. Os fatores mais importantes quanto à resposta na planta estudada foram, na ordem decrescente de importância, as doses e os intervalos sem chuva após a aplicação. As formulações possuíram o menor valor de quadrado médio, o que já era esperado, em razão da alta eficácia delas. Não houve interação significativa entre os três fatores estudados, entretanto o desdobramento das doses e dos intervalos sem chuva foi realizado para cada formulação, devido à importância destas informações.

O intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação não foi incluído na metodologia da superfície de resposta em razão da falta de ajuste entre a função e os resultados biológicos, quando em sua consideração na análise, uma vez que os resultados obtidos no intervalo de 12 horas sem chuva após a aplicação foram semelhantes aos do intervalo de 24 horas. Para o estudo estatístico da superfície obtida foi realizada análise de variância, em que o intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação não foi considerado (Tabela 3).

O efeito das diferentes formulações de glyphosate são apresentados na Tabela 4. O glyphosate potássico (Zapp Qi) proporcionou controle de *B. decumbens* superior ao das demais formulações aos 14 DAA, sendo semelhante ao do glyphosate isopropilamina (Roundup Transorb) aos 21 DAA. A média de controle foi de 53, 50 e 47%, respectivamente para o glyphosate potássico, isopropilamina e amônio; portanto, a diferença na eficácia das formulações foi pequena. Esse efeito também foi observado no acúmulo de matéria seca da rebrota, em que a diferença da matéria seca da parte aérea da rebrota entre as formulações glyphosate isopropilamina e potássico foi de apenas 0,19 g. Já o glyphosate amônio (Roundup WG) proporcionou controle inferior da espécie estudada, apresentando 49% de rebrota, quando comparado com 37% de rebrota do glyphosate potássico.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos dados referentes às percentagens de controle de *Brachiaria decumbens*, sem considerar a testemunha sem herbicida

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		7 DAA	14 DAA	21 DAA
Formulações	2	292,35**	946,42**	691,13**
Doses	3	6.428,2**	23.190,6**	27.321,3**
Intervalos sem chuva	5	4.809,6**	16.554,5**	13.491,9**
Doses x Formulações	6	32,36ns	63,60ns	25,61ns
Intervalos s/ chuva x Formulações	10	78,18**	72,54ns	97,65ns
Doses x Intervalos s/ chuva	15	202,19**	1.074,85**	483,18**
Formulações x Intervalos s/ chuva x Doses	30	19,01ns	72,32ns	87,48ns
Resíduo	144	28,69	73,62	87,50
CV (%)		20,88	22,20	18,76

*, ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F; ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância dos dados referentes à matéria seca e à rebrota de *Brachiaria decumbens*, considerando a testemunha sem herbicida

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Matéria Seca ¹	Rebrota ²
Formulações	2	3,15**	2.384,4**
Doses	3	96,42**	72.888,8**
Intervalos sem chuva	5	6,61**	4996,2**
Doses x Formulações	6	1,25ns	942,82ns
Intervalos sem chuva x Formulações	10	0,69ns	525,51ns
Doses x Intervalos sem chuva	15	2,02**	1.523,96**
Formulações x Intervalos sem chuva x Doses	30	0,63ns	472,86ns
Tratamentos fatoriais vs Testemunha	1	12,70**	9.733,88**
Resíduo	146	0,65	490,33
CV (%)		51,0	51,0

^{1/} Matéria seca da rebrota obtida 19 dias após o corte das plantas de *B. decumbens* (g vaso⁻¹). ^{2/} Relação expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ** Significativo a 1% pelo teste de F e ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância dos dados referentes às percentagens de controle e rebrota de *Brachiaria decumbens*, sem considerar o intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação

Fonte de Variação	Quadrado Médio			
	GL	21 DAA	GL	Rebrota ¹
Formulações	2	528,07**	2	3.301,13**
Doses	3	24.255,31**	3	52.162,46**
Intervalos sem chuva	4	11.261,55**	4	6.109,90**
Doses x Formulações	6	28,80ns	6	700,59**
Intervalos s/ chuva x Formulações	8	102,24ns	8	306,04ns
Doses x Intervalos s/ chuva	12	555,00**	12	1.005,22**
Formulações x Intervalos s/ chuva x Doses	24	103,52ns	24	414,91ns
Tratamentos fatoriais vs Testemunha	----	----	1	9.469,20**
Resíduo	120	99,31	122	396,4
CV (%)		22,2		45,0

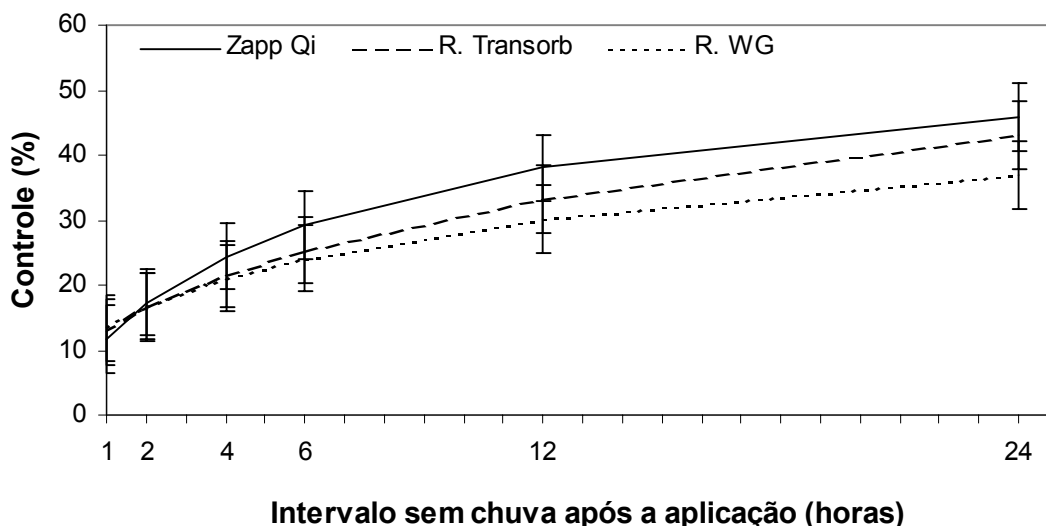
¹Relação, expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ** Significativo a 1% pelo teste de F e ^{ns}. Não-significativo pelo teste de F.

Tabela 4 - Valores médios¹ de controle e matéria seca da rebrota de *Brachiaria decumbens* em função das diferentes formulações de glyphosate

Formulações	Controle Visual (%)		Matéria Seca da Rebrota ²	
	14 DAA	21 DAA	g vaso ⁻¹	Porcentagem ³
Glyphosate potássico	42 a*	53 a	1,35 c	37 c
Glyphosate isopropilamina	39 b	50 a	1,54 bc	42 bc
Glyphosate amônio	35 c	47 b	1,76 b	49 b
Testemunha sem herbicida	0	0	3,64 a	100 a

¹n = 72, intervalos sem chuva após a aplicação e doses de glyphosate. ²Obtida 19 dias após o corte das plantas (g vaso⁻¹). ³Em relação à testemunha (100%). * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

O efeito da interação das formulações de glyphosate com os intervalos sem chuva após a aplicação, no controle de *B. decumbens* aos 7 DAA, encontra-se na Figura 2. As formulações se diferenciaram no controle da espécie apenas no intervalo de 12 horas livre de chuva após a aplicação, quando o glyphosate potássico foi superior às demais formulações.



Zapp Qi : $\hat{y} = -3,65 + 16,73 * (\text{chuva})^{1/2} - 1,35 * (\text{chuva})$ $R^2 = 0,77$

Roundup Transorb: $\hat{y} = 3,37 + 9,85 * (\text{chuva})^{1/2} - 0,36 * (\text{chuva})$ $R^2 = 0,80$

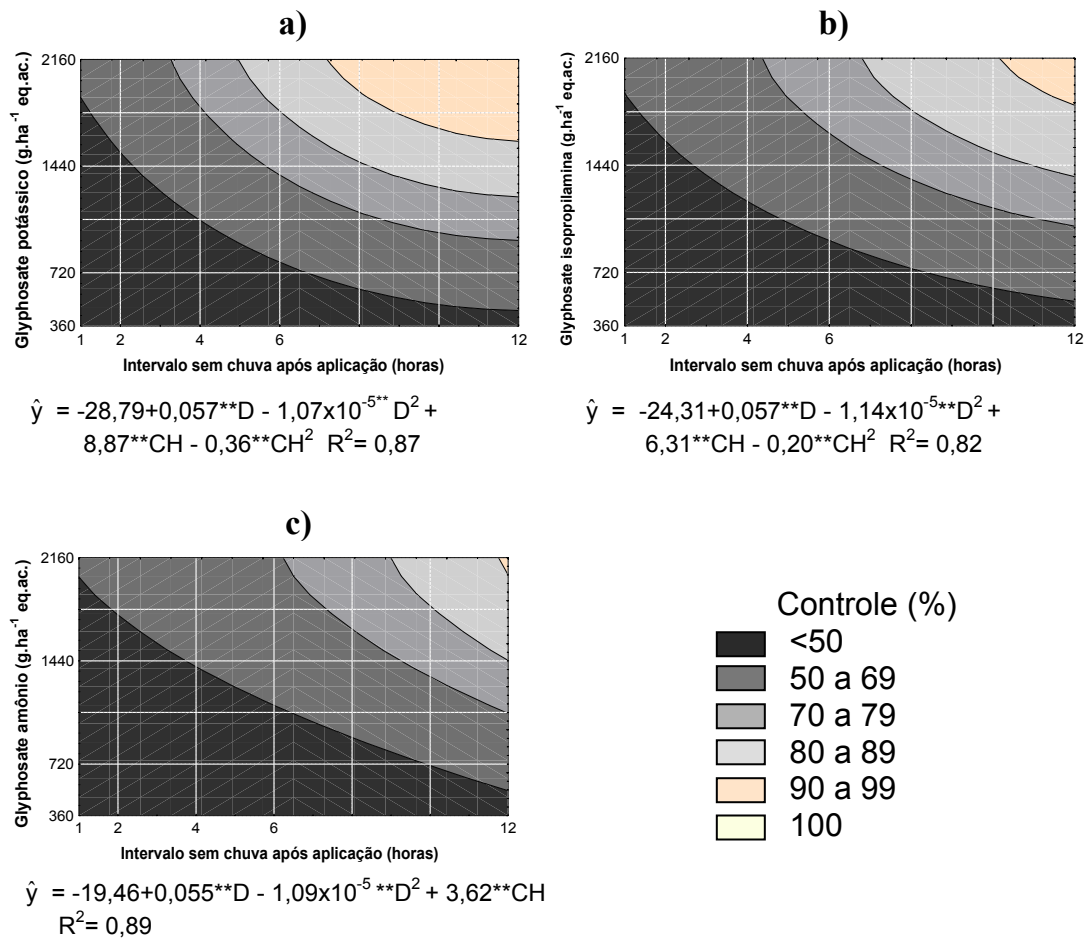
Roundup WG: $\hat{y} = 4,83 + 9,19 * (\text{chuva})^{1/2} - 0,54 * (\text{chuva})$ $R^2 = 0,83$

* Significativo a 5% pelo teste de "t". Barras sobrepostas não diferem no intervalo sem chuva pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

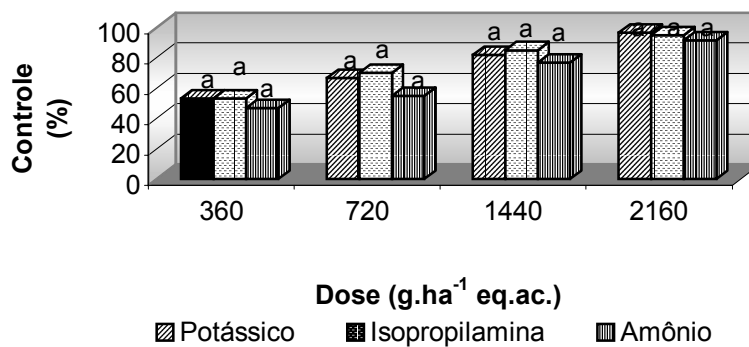
Figura 2 - Valores médios (n = 12) de controle de *Brachiaria decumbens* aos 7 dias após a aplicação em função das diferentes formulações de glyphosate e intervalos sem chuva após aplicação.

Os resultados da eficiência de controle de *B. decumbens* pelas diferentes formulações de glyphosate em função das doses e do intervalo de tempo sem chuva após aplicação podem ser observados na Figura 3. A faixa de controle (>80%), ou seja, a combinação de doses e intervalos sem chuva após a aplicação, foi maior para as formulações glyphosate potássico e isopropilamina do que para o glyphosate amônio no controle da espécie estudada, semelhantemente ao observado por Jakelaitis et al. (2001). Esses resultados foram diferentes dos verificados no controle visual de *Bidens pilosa* (segundo capítulo desta tese), em que o glyphosate amônio proporcionou maior toxidez visual do que as formulações glyphosate potássico e isopropilamina.

A ocorrência de chuvas após a aplicação de glyphosate proporcionou redução no controle de *B. decumbens* (Figura 3 (a, b, c)). Essa redução foi maior quando se diminuiu o intervalo sem chuva após a aplicação. A redução da eficácia de controle proporcionado pelo glyphosate devido à ocorrência de chuvas após a aplicação também foi observada por Bryson (1988), Pires



d) Intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação.*



** Significativo a 1% pelo teste de "t". *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Abreviações - D: dose. CH: chuva.

Figura 3 - Percentagem de controle (\hat{y}) de *Brachiaria decumbens* aos 21 dias após a aplicação (DAA), em função das doses de (a) glyphosate potássico, (b) glyphosate isopropilamina, (c) glyphosate amônio e dos intervalos sem chuva após aplicação (20 mm em 30 minutos). Em (d) a percentagem de controle da espécie no intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação foi em função das formulações e doses de glyphosate.

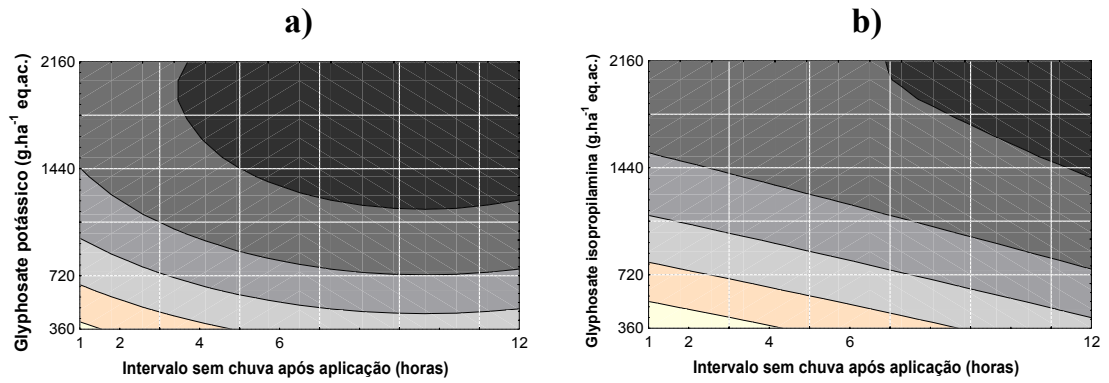
(1998) e Jakelaitis et al. (2001); semelhantemente ao observado neste trabalho, a redução foi maior quando a chuva ocorreu em menores intervalos após a aplicação.

Todas as formulações de glyphosate foram afetadas pela ocorrência de chuva após aplicação, como pode ser observado na Figura 2. Esse efeito foi mais evidente nas menores doses de glyphosate, independentemente da formulação estudada, uma vez que estas foram mais afetadas pela ocorrência da chuva. O glyphosate potássico na dose de 1.440 g ha⁻¹ proporcionou desde controle inferior a 50% com o intervalo sem chuva de uma hora até controle maior do que 80% com oito horas sem chuva; já na dose de 2.160 g ha⁻¹ foi necessário pelo menos cinco horas para proporcionar o mesmo controle (Figura 3a). Diferentes resultados foram obtidos por Jakelaitis et al. (2001), em que seis horas sem chuva após aplicação não diferiu da testemunha sem chuva, no controle de *D. horizontalis* com glyphosate potássico na dose de 720 g ha⁻¹. Possivelmente isso se deve à maior suscetibilidade de *D. horizontalis* ao glyphosate do que *B. decumbens*, além das diferenças do estágio de desenvolvimento das espécies no momento da aplicação.

Foi necessário um intervalo de pelo menos 11 e 12 horas sem chuva após aplicação, respectivamente para o glyphosate isopropilamina e amônio, ambos na dose de 1.440 g ha⁻¹, para proporcionar controle de *B. decumbens* maior do que 80%. Já na dose de 2.160 g ha⁻¹ foi necessário intervalo de pelo menos sete e nove horas sem chuva, respectivamente para as formulações de glyphosate isopropilamina e amônio, para proporcionar controle maior do que 80% de *B. decumbens*.

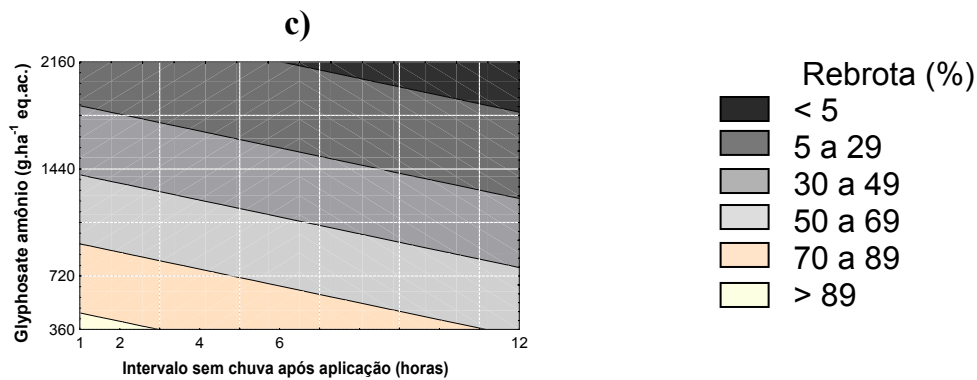
Os resultados da rebrota de *B. decumbens* em relação à testemunha sem herbicida pelas diferentes formulações de glyphosate, em função das doses e do intervalo de tempo sem chuva após aplicação, podem ser observados na Figura 4.

A eficiência de controle de *B. decumbens* foi diferenciada para cada dose de glyphosate, sendo as menores rebrotas observadas nas maiores doses (melhor controle). Esse resultado ficou mais evidente quando se avaliou o



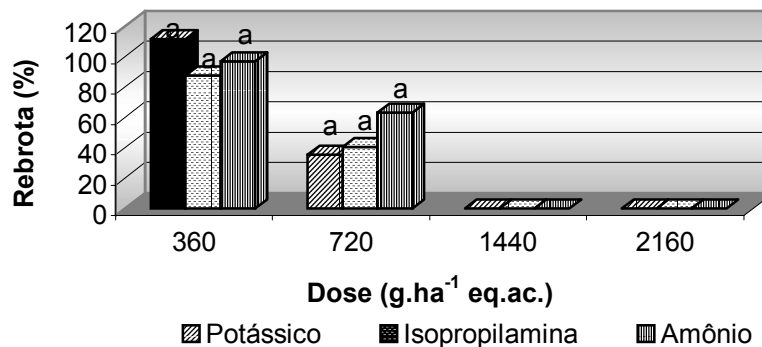
$$\hat{y} = 138,66 - 0,11^{**}D + 2,79 \times 10^{-5} D^2 - 9,12^{**}CH + 0,47^{**}CH^2 \quad R^2 = 0,79$$

$$\hat{y} = 145,31 - 0,11^{**}D + 2,53 \times 10^{-5} D^2 - 5,18^{**}CH + 0,0017^{**}CH^2 \quad R^2 = 0,91$$



$$\hat{y} = 112,74 - 0,043^{**}D - 2,44^{**}CH \quad R^2 = 0,87$$

d) Intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação.*



** Significativo a 1% pelo teste de "t". *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Abreviações - D: dose. CH: chuva.

Figura 4 - Percentagem de rebrota (\hat{y}) de *Brachiaria decumbens* obtida pela relação entre a matéria seca dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida, aos 19 dias após o corte, em função das doses de (a) glyphosate potássico, (b) glyphosate isopropilamina, (c) glyphosate amônio e dos intervalos sem chuva após aplicação (20 mm em 30 minutos). Em (d) a percentagem de rebrota da espécie no intervalo de 24 horas sem chuva após a aplicação foi em função das formulações e doses de glyphosate.

acúmulo da matéria seca da rebrota das plantas (Figura 4). O glyphosate isopropilamina no intervalo de uma e duas horas sem chuva após a aplicação proporcionou, na menor dose (360 g ha^{-1}), rebrota maior do que 89%, porém na maior dose (2.160 g ha^{-1}) a rebrota foi de 5 a 29% (Figura 4(b)).

Nos intervalos de uma a quatro horas sem chuva após a aplicação o controle da espécie foi muito afetado pelas doses de glyphosate, independentemente da formulação. O efeito das doses no controle de *B. decumbens* foi mais evidente nos intervalos sem chuva inferiores a seis horas, sendo esse efeito mais visível no caso do glyphosate potássico (Figura 4(a)).

A maior dose do herbicida influencia a maior quantidade absorvida, translocada e que alcança o local de ação; portanto, doses maiores exigem menor intervalo sem chuva, para controle eficiente. Esse resultado foi semelhante ao observado por Wicks et al. (1993), em que a redução do controle de *Echinochloa colonum* na dose de 225 g ha^{-1} de glyphosate, com a ocorrência de chuva de 3 mm após aplicação, exigiu intervalo de 45 horas sem chuva para se obter controle de 73%. No entanto, na dose de 900 g ha^{-1} de glyphosate, o controle de 93% foi alcançado com seis horas sem chuva após aplicação.

A eficiência do controle das plantas daninhas pelos herbicidas é dependente de sua ação na planta. É necessário, entretanto, que a molécula seja absorvida e translocada até o local de ação, em quantidade adequada, onde desempenhará sua função. Até alcançar o local de ação, a molécula deve passar por várias barreiras, e o glyphosate sozinho não passa facilmente por todas elas, sendo a formulação de extrema importância na eficiência do herbicida, uma vez que se constitui de substância que melhora as condições de permanência, absorção, solubilidade e translocação na planta (Laerke & Streibig, 1995). As formulações dos herbicidas possuem diferentes surfatantes e estes possuem comportamento diferenciado quanto à sua ação (Laerke & Streibig, 1995), justificando, assim, a variação na resposta no controle de *B. decumbens* pelas diferentes formulações de glyphosate.

A taxa de absorção de diferentes formulações de glyphosate é superior à medida que a gota aplicada está secando (Stevens et al., 1991), devido ao incremento da concentração do herbicida enquanto a gota perde água. Segundo Liu et al. (1996), a formação de maior gradiente de concentração entre a gota e a folha e a maior permanência do herbicida sobre a folha são os principais fatores que aumentam a absorção. A formulação do glyphosate influencia, ainda, o tempo de permanência da gota, em condição adequada de absorção sobre a folha (Nalewata et al., 1996), sem que ocorra a formação de cristal ou forma amorfa. Assim, a velocidade de absorção e a quantidade do herbicida absorvido são afetadas, o que é refletido na maior eficiência de controle das plantas daninhas e conseqüentemente, menor influência da ocorrência de chuva após aplicação. Isso também foi observado nas formulações glyphosate potássico e isopropilamina que foram menos prejudicadas pela ocorrência de chuva após a aplicação do que a de glyphosate amônio (Figuras 3 e 4).

Comparando os efeitos das formulações em cada intervalo sem chuva após aplicação e em cada dose, verificou-se que glyphosate amônio foi menos eficiente, exigindo intervalos sem chuva e doses maiores, sugerindo ser mais facilmente lavado que o glyphosate potássico e isopropilamina, semelhante ao observado por Jakelaitis et al. (2001) em *D. horizontalis*.

As diferenças observadas no efeito das doses e da ocorrência de chuva após aplicação e suas interações, no controle de *B. decumbens*, mesmo trabalhando com a mesma quantidade de equivalente ácido do herbicida nas formulações de glyphosate, possivelmente se devem às diferentes taxas de absorção dos sais presentes nestas. De acordo com Nalewaja et al. (1996), a absorção relativa à quantidade aplicada foi de 59% para o sal isopropilamina, 44% para o sal amônio, 21% para o sal sódico e 1% para o sal cálcico. No entanto, a taxa de absorção dos diferentes sais, também, é influenciada pela interação destes com os surfatantes presentes nas formulações. Nalewaja et al. (1996), estudando o efeito de vários sais de glyphosate na redução da matéria seca de trigo, observaram que todas as formulações de glyphosate foram menos eficientes quando aplicadas com X-77 do que com MON 0818 ou

Tween 20 a 1% na solução e que o sal isopropilamina foi o mais ativo, independentemente do surfatante.

Quanto ao estudo da rebrota de *B. decumbens* (Figura 4), o glyphosate potássico proporcionou controle excelente desta espécie (rebrota menor do que 5%) a partir de quatro e cinco horas sem chuva após aplicação, respectivamente, nas duas maiores doses (2.160 e 1.440 g ha⁻¹). Para o glyphosate isopropilamina nas doses de 2.160 e 1.440 g ha⁻¹ o mesmo controle foi obtido, respectivamente, a partir de 7 e 12 horas sem chuva. Já o efeito do glyphosate amônio foi mais afetado pela chuva que o das demais formulações, apresentando este nível de controle apenas na maior dose, exigindo sete horas livre de chuva após a aplicação. Possivelmente, ocorreu maior translocação para as regiões meristemáticas da planta no caso do glyphosate potássico e isopropilamina, proporcionando controle excelente aos 21 DAA, tendo como consequência menor percentual de rebrota em relação à testemunha sem herbicida em todos os intervalos e doses avaliados.

O glyphosate é facilmente influenciado pela ocorrência de chuva após aplicação, devido à sua absorção relativamente lenta. Bryson (1988), estudando o efeito de intervalos sem chuva no controle de plantas novas de *Sorghum halepense*, observou que os herbicidas ácido-fosfonados (glyphosate e SC-0224) precisaram de períodos bem superiores aos exigidos pelos herbicidas seletivos estudados. Segundo Bariuan et al. (1999), a absorção de C¹⁴-glyphosate sal isopropilamina aumentou de 2,84% uma hora após aplicação para 4,18; 6,42; 8,35; e 21,39%, respectivamente 6, 24, 72 e 168 horas após aplicação de Roundup Ultra (560 g ha⁻¹ do produto comercial) em *Cyperus rotundus*.

As diferentes respostas das formulações estudadas na menor produção da matéria seca acumulada em função da ocorrência de chuva após aplicação e sua interação com as doses, possivelmente, se devem às diferentes taxas de absorção de glyphosate para cada formulação, conforme mencionado por Feng et al. (2000). Os autores demonstraram que a taxa de absorção varia para as diferentes formulações e, também, é afetada pelo intervalo sem chuva;

determinada formulação pode possuir melhor absorção em períodos iniciais após aplicação, caindo posteriormente.

O herbicida ainda não absorvido é vulnerável à ação da chuva, que pode lavá-lo da superfície foliar, ocasionando redução do controle das plantas daninhas e conseqüente perdas econômicas, além do risco potencial de contaminação do ambiente. O glyphosate apresenta, em geral, baixo potencial de contaminação do solo, uma vez que é fortemente adsorvido aos colóides do solo e rapidamente degradado pelos microrganismos (Rodrigues & Almeida, 1998), embora o resíduo do glyphosate, em solos arenosos e com baixa atividade microbiana, possa causar injúrias em algumas culturas (Cornish, 1992; Piccolo et al., 1994).

As diferentes formulações de glyphosate afetam a quantidade do herbicida lavado da superfície foliar, como observado por Feng et al. (2000). As diferenças foram marcantes com a chuva ocorrendo 24 horas após a aplicação, em que a percentagem do Roundup Ultra (sal isopropilamina) recuperado na água da chuva foi de 71,8%, comparada a 83,8 e 86,7%, respectivamente, para Sulfosate 5 (sal trimetilsulfônico de sulfosate) e Roundup Original (sal isopropilamina). Conseqüentemente, o Roundup Ultra foi mais eficiente do que os demais, sendo mais absorvido por *Abutilon theophrasti*, em particular nos intervalos de 4 e 24 horas após aplicação.

Portanto, a velocidade de absorção do glyphosate é componente importante do seu desempenho quanto à sua ação herbicida, principalmente quando ocorrem chuvas após a aplicação.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados, conclui-se que:

- A ocorrência de chuva após a aplicação de glyphosate reduziu a eficácia de controle; essa redução foi maior à medida que se diminuiu o intervalo sem chuva após a aplicação.

- As doses de glyphosate diferiram no controle de *B. decumbens*, sendo o controle mais eficiente nas maiores doses.

- As formulações glyphosate potássico e glyphosate isopropilamina proporcionaram controle de *B. decumbens* superior e demandaram menor intervalo sem chuva após a aplicação do que a formulação glyphosate amônio.

- Para proporcionar controle eficaz de *Brachiaria decumbens* na dose de glyphosate recomendada (1.440 g ha⁻¹), foi necessário um intervalo livre de chuva, após a aplicação, de cinco horas para o glyphosate potássico e de 12 horas para o glyphosate isopropilamina.

- Para proporcionar controle moderado (5 a 29% de rebrota) de *Brachiaria decumbens* na dose de glyphosate recomendada (1.440 g ha⁻¹), foi necessário um intervalo livre de chuva, após a aplicação, de nove horas para o glyphosate amônio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARIUAN, J.V., REDDY, K.N., WILLS, G.D. Glyphosate injury, rainfastness, absorption, and translocation in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). **Weed Tech.**, v.13, p.112-119, 1999.
- BROMILOW, R.H., CHAMBERLAIN, K., EVANS, A.A. Physiocochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Sci.**, Champaign, v.38, p.305-314, 1990.
- BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling johnsongrass. **Weed Tech.**, Champaign, v.2, p.153-158, 1988.
- CORNISH, P.S. Glyphosate residues in a sandy soil affect tomato transplants. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.32, n.3. p.395-399, 1992.
- FENG, P.C.C., SANDBRINK, J.J., SAMMONS, R.D. Retention, uptake, and translocation of ¹⁴C-glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Tech.**, v.14, p.127-132, 2000.
- FRANS, R.E. Measuring plant responses. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed science**. Southern Weed Science Society, 1972. P. 28-41.
- HARTZLER, B. Which glyphosate product is best? (28/01/2001) (<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr01-1/glyphosateformulations.htm>.)
- HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1994. p.344-365.

- HESS, F.D., FALK, R.H. Herbicide deposition on the leaf surface. **Weed Sci.**, v.38, p. 280 -288, 1990.
- JAKELAITIS, A., FERREIRA, L.R., SILVA, A.A., MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Dan.**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- LAERKE, P.E., STREIBIG, J.C. Foliar absorption of some glyphosate formulations and their efficacy on plants. **Pesticide Sci.**, v.44, p.107-116, 1995.
- LIU, S.H., CAMPBELL, R.A., STUDESNS. J.A., WAGNER, R.G. Absorption and translocation of glyphosate in Aspen (*Populus tremuloides* Michx.) as influenced by droplet size, droplet number, and herbicide concentration. **Weed Sci.**, v.44, p.482-488, 1996.
- NALEWAJA, J.D., DEVILLIERS, B., MATYSIAK, R. Surfactant and salt affect glyphosate retention and absorption. **Weed Res.**, v. 36, p.241-247, 1996.
- PICCOLO, A., CELANO, G., ARIENZO, M., MIRABELLA, A. Adsorption and desorption of glyphosate in some european soils. **J. Environ. Sci. Health**, Part B, v.6, p.1105-1115, 1994.
- PIRES, N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico.** Viçosa, UFV, Tese DS, 1998. 100 p.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, Londrina, Paraná. Edição dos autores, 1998, 648 p
- SILVA, A.A. da, SILVA, J.F. da, FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., SILVA, J.F. da. ABAEAS. Módulo 3. **Controle de plantas daninhas**, 2000. 260 p.
- STATISTICA program/documentation. StatSoft, In. (1999). Statistica for Windows (Computer program manual).
- STEVENS, P.J.G., GASKIN, R.E., HONG, S.O., ZABKIEWICZ, J.A. Contributions of stomatal infiltration and cuticular penetration to enhancements of foliar uptake by surfactants. **Pesticide Sci.**, v.33, p.371-382, 1991.
- WICKS, G.A., FELTON, W.L., WELSBY, S.M. Effect of rainfall on glyphosate performance on stressed grass weeds following wheat harvest. **Plant Prot. Quart.**, v.8, n.1, p.2-6. 1993.
- WICKS, G.A., HANSON, G.E. Effect of rainfall on glyphosate plus 2,4-D performance on *Echinochloa crus-galli*. **Weed Sci.**, v.43, p.666-670, 1995.

**EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICÁCIA DE DIFERENTES
DOSES E FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO
CONTROLE DE *Bidens pilosa***

RESUMO

Foi objetivo deste trabalho avaliar os efeitos de doses de diferentes formulações de glyphosate - amônio (Roundup WG), isopropilamina (Roundup Transorb) e potássico (Zapp Qi) - sobre plantas de *Bidens pilosa* em condições controladas, quando submetidas à chuva de 20 mm durante 30 minutos, nos intervalos de 1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas após aplicação desses produtos. A ocorrência de chuva após a aplicação reduz a eficiência de controle de *B. pilosa* pelas formulações de glyphosate. A redução no controle foi maior à medida que se diminuía o intervalo sem chuva após a aplicação. A menor quantidade da matéria seca acumulada pela espécie, em relação à testemunha sem herbicida, foi semelhante em todas as formulações de glyphosate. As doses do herbicida se diferenciaram no controle da espécie, sendo o controle mais eficiente nas maiores doses. A faixa de controle visual aos 28 DAA (>90%), ou seja, a combinação de doses e intervalos sem chuva, foi maior com o glyphosate isopropilamina e amônio do que com o glyphosate potássico. As formulações glyphosate isopropilamina e amônio proporcionaram maior toxidez visual às plantas de *B. pilosa* do que o glyphosate potássico. Nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (1, 2 e 4 horas) o glyphosate isopropilamina foi superior no controle de *B. pilosa* do que o glyphosate potássico e amônio. As formulações glyphosate isopropilamina e potássico proporcionaram menor produção de matéria seca de *B. pilosa* quando comparadas com a de glyphosate amônio, sendo, portanto, superiores no controle desta espécie. O glyphosate isopropilamina foi mais eficaz e proporcionou menor produção de matéria seca de *B. pilosa* do que os demais tratamentos.

Palavras-chave: glyphosate potássico, glyphosate isopropilamina, glyphosate amônio.

Effects of the rainfall on the effectiveness of different doses and formulations of glyphosate in controlling *Bidens pilosa*

SUMMARY

This study aimed to evaluate the effects from doses of different glyphosate formulations - ammonium (Roundup WG), isopropylamine (Roundup Transorb) and potassic (Zapp Qi) - upon *Bidens pilosa* plants under controlled conditions, when submitted to a 20mm rainfall for 30 minutes at intervals of 1, 2, 4, 6, 12 and 24 hours after these product applications. The rainfall event after application of the glyphosate formulations reduces the efficiency in controlling *B. pilosa*. The reduction in weed control was higher as the dry interval after the herbicide application was diminished. The lowest amount of the dry matter accumulated by this species, in relation to the control without herbicide, was similar in all glyphosate formulations. The herbicide doses differed in controlling this species, but the highest doses provided a more efficient control. The visual control range at 28 DAA (>90%), that is the combination of doses and dry intervals, was wider for both isopropylamine and ammonium glyphosate than for the potassic glyphosate. The formulations isopropylamine glyphosate and ammonium glyphosate provided a higher visual toxicity to the *B. pilosa* plants than the potassic glyphosate. At the shortest dry intervals after the herbicide application (1, 2, and 4 hours), the glyphosate isopropylamine provided a higher control over *B. pilosa* than the potassic and ammonium glyphosate. The formulations isopropylamine glyphosate and potassic glyphosate provided a lower dry matter yield of *B. pilosa*, compared to that by glyphosate ammonium, therefore being more efficient in controlling this species.

Keywords: potassic glyphosate, isopropylamine glyphosate, ammonium glyphosate.

1. INTRODUÇÃO

O controle eficiente das plantas daninhas depende do herbicida, da dose correta e de aplicação adequada. Assim, no campo, a ocorrência de condições climáticas inadequadas no momento da aplicação ou após esta pode ocasionar redução da eficácia dos produtos no controle de plantas daninhas, podendo até inviabilizar essa prática.

O glyphosate pertence ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo. É um herbicida sistêmico, não-seletivo, altamente solúvel em água e seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, que são essenciais para a síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (Hess, 1994). Atualmente são vários os sais utilizados na formulação de glyphosate: potássico (Zapp Qi), isopropilamina (Roundup Transorb e Roundup Original) e amônio (Roundup WG e Roundup Multiação).

Na maioria das plantas, o glyphosate é rapidamente translocado das folhas tratadas para os drenos metabólicos, especialmente tecidos meristemáticos e de armazenagem (Bromilow et al., 1990), sendo, por isso, excelente herbicida para o controle de plantas daninhas perenes. Após atingir a superfície foliar, o herbicida está sujeito a vários destinos: pode escorrer, ser lavado, secar como substância amorfa, cristalizar após a evaporação do solvente ou, ainda, penetrar na cutícula e permanecer retido nela, não sendo translocado. A consequência imediata é a redução na eficiência de ação do herbicida e, portanto, o controle inadequado das plantas daninhas (Devine & Born, 1991).

Por isso, a ocorrência de chuvas após as aplicações interfere na eficácia dos herbicidas aplicados em pós-emergência, reduzindo o controle das plantas daninhas (Bryson, 1988; Wicks et al., 1993; Pires, 1998). A penetração e absorção, retenção superficial e a lavagem do herbicida dependem do tipo de herbicida, carregadores, diluentes, adjuvantes, volatilização, da espécie e do

estádio de desenvolvimento da planta daninha, bem como dos fatores climáticos. A interação de todos esses fatores proporciona maior ou menor controle da espécie. O conhecimento detalhado dessas interações possibilita melhor aproveitamento do potencial de cada herbicida.

As diferentes formulações do herbicida podem alterar a sua absorção e a translocação do ingrediente ativo na planta, influenciando a eficiência do controle das espécies daninhas (Silva et al., 2000). Pesquisas evidenciam que o glyphosate requer período mínimo de quatro horas livre de chuva após a sua aplicação para controlar eficientemente as plantas daninhas (Bryson, 1988). Segundo Pires (1998), nas formulações tradicionais, tanto para sulfosate como para glyphosate, esse período sem chuva após aplicação deve ser de, no mínimo, seis horas para *Brachiaria brizantha*, e as plantas devem estar em plena atividade metabólica. Quanto ao controle de *Digitaria horizontalis*, Jakelaitis et al. (2001) observaram que as formulações de glyphosate Roundup Transorb, Zapp Qi (720 g ha⁻¹ de eq.ac.) e sulfosate (Zapp) (660 g ha⁻¹ de eq.ac.) apresentaram controle da espécie quando o intervalo sem chuva foi de 4-6 horas. Todavia, as formulações de glyphosate Roundup CS e Roundup WG foram mais afetadas pela chuva após as aplicações, quando comparados ao Zapp Qi e Roundup Transorb.

Considerando que esse tempo sem chuva necessário para que o herbicida tenha máxima eficácia pode variar para cada formulação, desenvolveu-se este trabalho com objetivo de avaliar a eficácia de diferentes formulações de glyphosate - amônio (Roundup WG), isopropilamina (Roundup Transorb) e potássico (Zapp Qi) submetidos à chuva de 20 mm durante 30 minutos, nos intervalos de 1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas após aplicação destes produtos - sobre plantas de *Bidens pilosa*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de maio a agosto de 2001, e teve como unidade experimental quatro plantas de *Bidens*

pilosa cultivadas em vaso contendo 3,0 L de substrato (solo + fertilizantes). A irrigação dos vasos ocorreu diariamente, procurando manter o solo próximo a 80% da capacidade de campo, utilizando-se um medidor de potencial de água no solo (Floral Sensor). Foram realizadas adubações de cobertura com adubo Ouro Verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn) em intervalos de sete dias.

Decorridos 35 dias do transplântio, quando as plantas de *B. pilosa* apresentavam 55 cm de altura e algumas (cerca de 25%) possuíam flores, foram aplicados os tratamentos. Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo-se a pressão constante em 2,5 kgf cm⁻², aplicando 200 L ha⁻¹ de calda, com uma barra possuindo dois bicos XR-110.03. As aplicações foram feitas em intervalos de 24, 12, 6, 4, 2 e 1 hora antecedendo a simulação da chuva, em condições de umidade relativa de 80 ± 10% e temperatura de 24 ± 1°C. Em seguida, respeitando os períodos sem chuva após a aplicação dos tratamentos, os vasos foram levados para o simulador de chuva, onde receberam lâmina de água de 20 mm durante 30 minutos. A água do simulador apresentava pH 6,07 e temperatura de 21°C.

Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial (3x4x6)+1, ou seja, três formulações de glyphosate (sal potássico – Zapp Qi; sal isopropilamina - Roundup Transorb; e sal amônio - Roundup WG), quatro doses de glyphosate (180, 360, 720 e 1.440 g ha⁻¹), seis intervalos sem chuva após as aplicações dos herbicidas (1, 2, 4, 6, 12 e 24 horas) e a testemunha sem herbicida, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Os herbicidas utilizados no experimento foram: Zapp Qi - formulação comercial (SA) com 50% de glyphosate sal potássico; Roundup Transorb - formulação comercial (SA) com 48% de glyphosate sal isopropilamina; e Roundup WG - formulação comercial (WG) com 72% de glyphosate sal amônio.

A eficiência no controle de *B. pilosa* foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), com base nos sintomas de fitotoxicidade, utilizando a escala de Frans (1972), em que 0% correspondeu à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas. Aos 28 DAA, a parte aérea das plantas

foi cortada rente ao solo e o material vegetal foi secado em estufa de circulação forçada a 70 °C, até adquirir massa constante. Os resultados de massa seca foram expressos em percentagem de redução de crescimento em relação à testemunha sem herbicida.

As temperaturas máxima e mínima e a umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação durante o período do experimento estão apresentadas na Figura 1.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo (formulações) as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. No caso dos fatores quantitativos utilizou-se a metodologia de superfície de resposta, e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste de “t” em nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo. Na interpretação dos dados das avaliações de controle a testemunha não foi considerada, uma vez que os valores da percentagem de controle são em relação a ela.

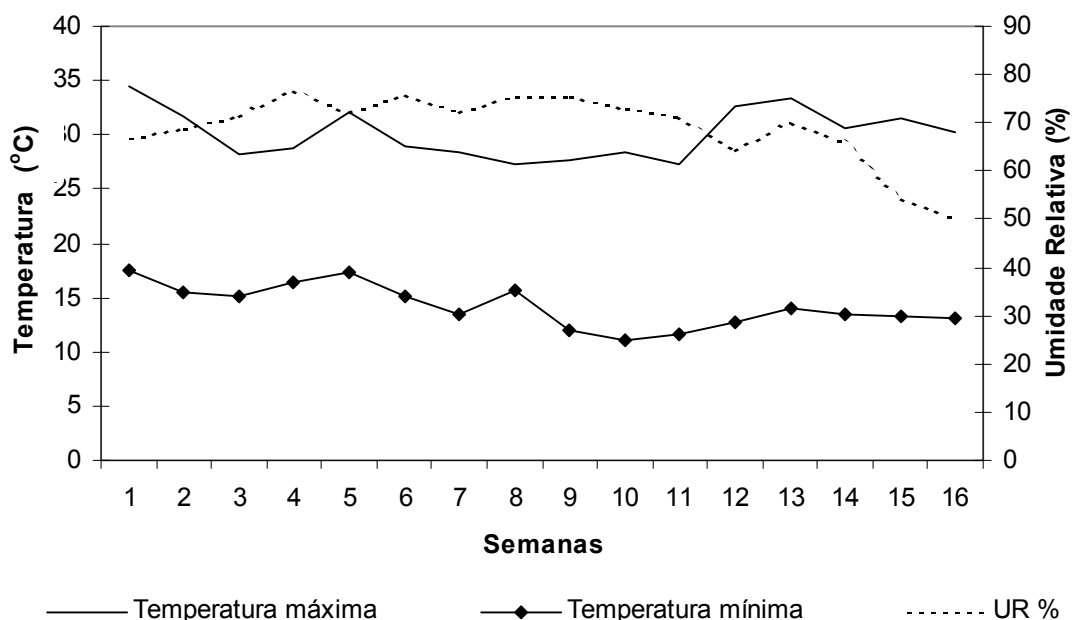


Figura 1 - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, médias por semana, durante o período de realização do experimento, implantado em 01.05.2001.

As funções foram analisadas e trabalhadas para visualização gráfica pelo *software* Statistica (1999). Para melhor visualização dos resultados obtidos, o controle de *B. pilosa* foi dividido em cinco faixas: 90 a 100% = controle excelente ou total; 80 a 90% = controle bom; 70 a 80% = controle moderado; 50 a 70% = controle deficiente ou inexpressivo; e < que 50% = controle inadequado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das análises de variância (Tabelas 1 e 2), algumas das interações foram estudadas por superfície de resposta, mesmo não sendo significativas, porém por demonstrarem importância quanto ao fenômeno em estudo, determinando-se a melhor função que explique os resultados analisados. Houve efeito de formulações, doses e intervalos de chuva em todas as características avaliadas, à exceção de formulações no controle aos 7 DAA. Os fatores mais importantes quanto à resposta na planta estudada foram, na ordem decrescente de importância, as doses e os intervalos sem chuva após a aplicação. As formulações possuíram o menor valor de quadrado médio, o que já era esperado, tendo em vista a alta eficácia delas. Houve interação significativa entre os três fatores estudados em todas as avaliações de controle visual, entretanto a interação não foi significativa para a matéria seca acumulada. Devido à importância dos resultados do desdobramento das doses e dos intervalos sem chuva, este foi realizado para cada formulação. O controle visual aos 28 DAA e a redução da matéria seca acumulada são dois importantes resultados para o estudo do comportamento de herbicidas, sendo então realizado seu desdobramento.

Os efeitos das diferentes formulações de glyphosate podem ser observados na Tabela 3. Todas as formulações ocasionaram redução da quantidade de matéria seca acumulada na parte aérea de *B. pilosa* aos 28 DAA, se comparadas à testemunha. O glyphosate isopropilamina proporcionou menor biomassa acumulada, sendo esse efeito sobre as plantas superiores ao do glyphosate amônio e semelhante ao do glyphosate potássico.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos dados referentes às percentagens de controle de *Bidens pilosa* nas diferentes épocas de avaliação

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Formulações	2	25,7ns	63,6*	96,9*	155,5*
Doses	3	17.041,2*	8.060,3*	9.674,4*	9.771,3*
Intervalos sem chuva	5	9.862,8*	6.279,6*	3.222,8*	2.957,2*
Doses x Formulações	6	468,8*	95,4*	28,2*	30,7*
Intervalos s/ chuva x Formulações	10	286,2*	82,7*	101,7*	130,5*
Doses x Intervalos s/ chuva	15	924,0*	157,2*	84,2*	105,5*
Formulações x Int. s/ chuva x Doses	30	204,1*	38,6*	34,5*	28,8*
Resíduo	144	39,21	8,37	6,48	5,8
CV (%)		22,9	5,8	3,6	3,1

* Significativo a 5% pelo teste de F; ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F. Abreviação - Int.: intervalos.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância dos dados referentes à matéria seca e à redução da matéria seca de *Bidens pilosa* em relação à testemunha

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Matéria Seca ¹	Redução ²
Formulações	2	80,5*	645,4*
Doses	3	1.578,2**	12.651,2**
Intervalos sem chuva	5	476,1**	3.816,8**
Doses x Formulações	6	25,7ns	205,6ns
Intervalos sem chuva x Formulações	10	12,8ns	102,2ns
Doses x Intervalos sem chuva	15	11,1ns	89,1ns
Formulações x Intervalos sem chuva x Doses	30	5,1ns	40,5ns
Tratamentos fatoriais vs Testemunha	1	609,4**	4.875,6**
Resíduo	146	14,9	119,6
CV (%)		18,2	27,3

^{1/} Matéria seca da parte aérea das plantas de *Bidens pilosa* obtida aos 28 DAA. ^{2/} Relação expressa em percentagem, entre a matéria seca dos tratamentos com a testemunha sem herbicida. *, ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F; ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F.

Tabela 3 - Valores médios¹ de matéria seca de *Bidens pilosa* acumulada na parte aérea aos 28 DAA em função das diferentes formulações de glyphosate

Formulações	Matéria Seca (g vaso ⁻¹)	Redução (%) ²
Glyphosate potássico	21,36 bc	39,5 ab
Glyphosate isopropilamina	19,79 c	44,0 a
Glyphosate amônio	21,80 b	38,3 b
Testemunha sem herbicida	35,30 a	0,0 c

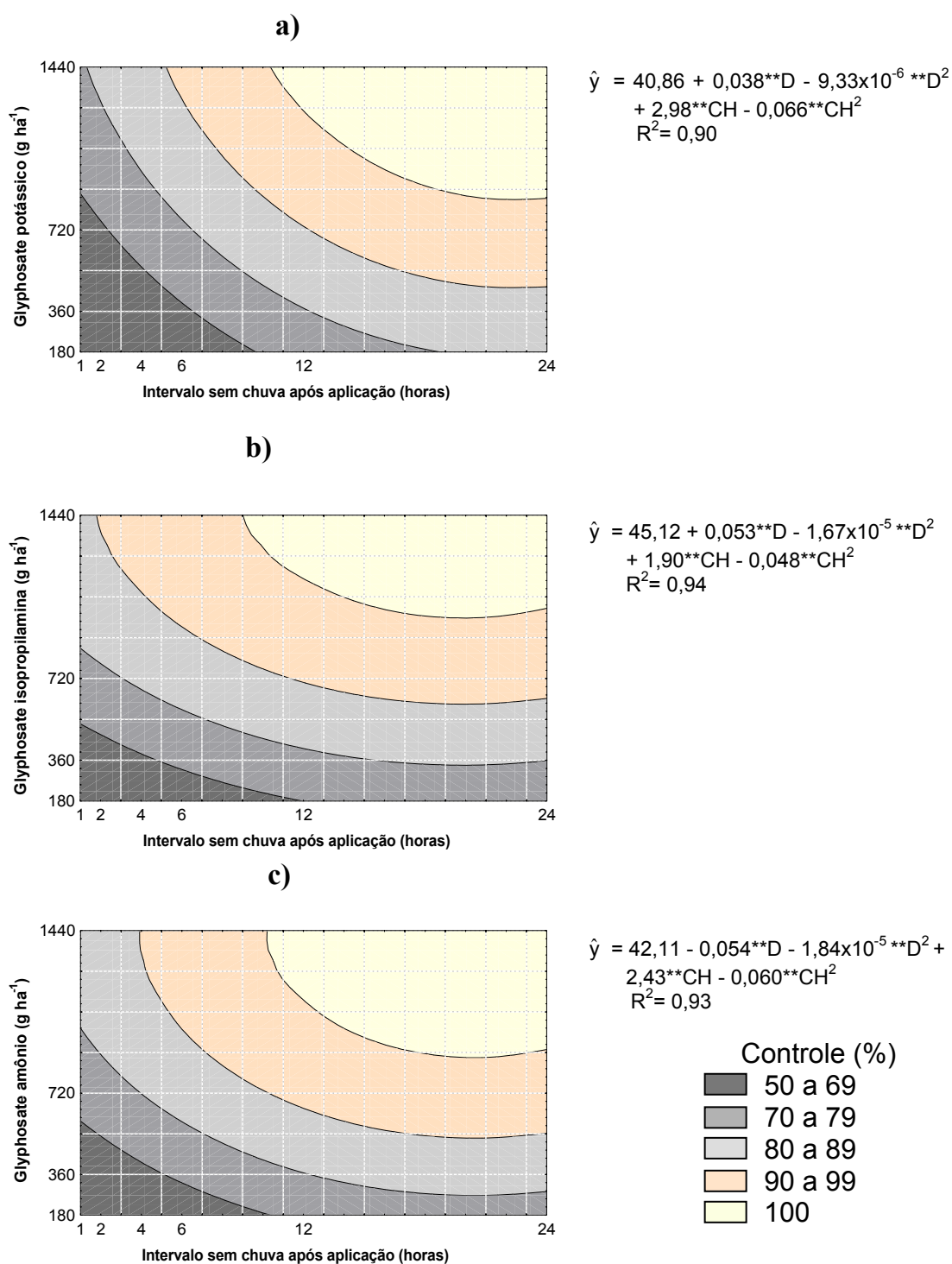
¹ n = 72, sendo os intervalos sem chuva após a aplicação. ² Relação, expressa em porcentagem, entre a matéria seca dos tratamentos com a testemunha sem herbicida. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Os resultados da eficiência de controle de *B. pilosa* pelas diferentes formulações de glyphosate, em função das doses e do intervalo de tempo sem chuva após aplicação, podem ser observados na Figura 2. A faixa de controle aos 28 DAA (>90%), ou seja, a combinação de doses e intervalos sem chuva, foi maior para o glyphosate isopropilamina e amônio do que para o glyphosate potássico. No entanto, nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (uma e duas horas) o glyphosate isopropilamina foi superior, com controle maior do que 90% na dose de 1.440 g ha⁻¹ para duas horas livre de chuva (Figura 2(b)); nas demais formulações o controle ficou entre 80 e 89%, nas mesmas condições (Figura 2(a, c)).

A ocorrência de chuva após a aplicação de glyphosate proporcionou menor controle de *B. pilosa* pelo herbicida. Essa redução na eficiência do glyphosate aumentou nos menores intervalos de tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência da chuva (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Bryson (1988), Pires (1998) e Jakelaitis et al. (2001).

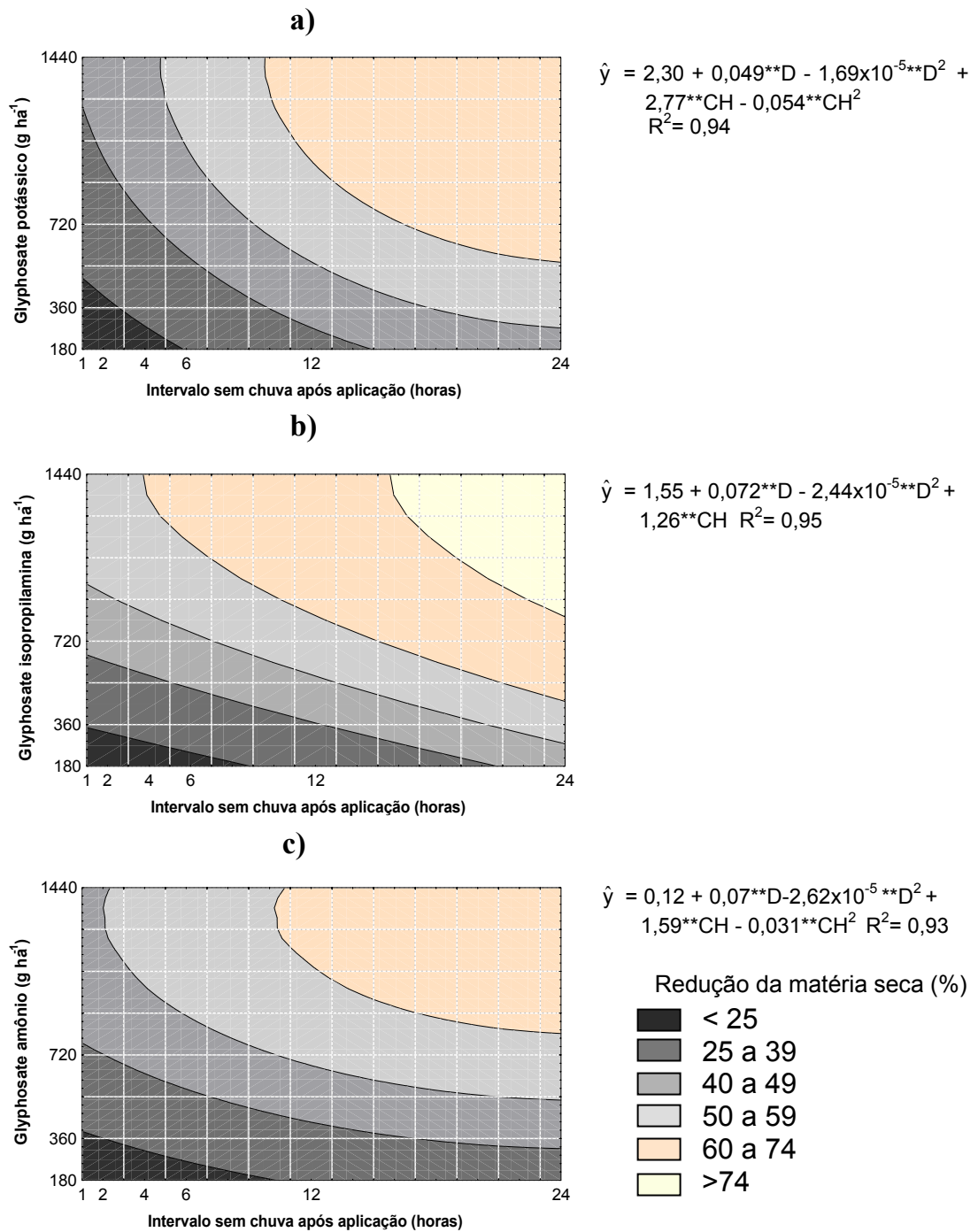
A faixa de menor matéria seca acumulada de *B. pilosa* aos 28 DAA, em relação à testemunha sem herbicida e sem chuva, para as formulações de glyphosate nas doses e nos intervalos sem chuva após aplicação, encontra-se na Figura 3.

As doses de glyphosate se diferenciaram no controle de *B. pilosa*, observando-se melhora na eficácia com o acréscimo das doses. Esse fato também foi observado no acúmulo de matéria seca (menor acúmulo nas



** Significativo a 1% pelo teste de "t". Abreviações - D: dose. CH: chuva.

Figura 2 - Percentagem de controle de *Bidens pilosa* aos 28 dias após a aplicação (DAA), em função das doses de glyphosate potássico (a), glyphosate isopropilamina (b), glyphosate amônio (c) e dos intervalos sem chuva após aplicação (20 mm em 30 minutos).



** Significativo a 1% pelo teste de "t". Abreviações - D: dose. CH: chuva.

Figura 3 - Percentagem de redução do acúmulo de matéria seca de *Bidens pilosa* aos 28 DAA, obtida pela relação entre a matéria seca dos tratamentos e a testemunha sem herbicida, em função das doses de glyphosate potássico (a), glyphosate isopropilamina (b), glyphosate amônio (c) e dos intervalos sem chuva após aplicação (20 mm em 30 minutos).

maiores doses) (Figuras 2 e 3). Nos menores intervalos sem chuva após a aplicação o efeito das doses foi mais pronunciado no controle da espécie, como observado no intervalo de uma hora sem chuva após aplicação para o glyphosate isopropilamina (Figura 2(b)), demonstrando faixa menor do que 25% de redução do acúmulo de matéria seca na menor dose até redução de 50 a 59% na maior dose.

A dose do herbicida influencia a quantidade absorvida, translocada e que alcança o local de ação; portanto, doses maiores exigem menor intervalo sem chuva, para controle eficiente. Resultados semelhantes foram observados por Wicks et al. (1993), os quais verificaram redução do controle de *Echinochloa colonum*, na dose de 225 g ha⁻¹ de glyphosate, com a ocorrência de chuva de 3 mm logo após aplicação. Nessas condições foi necessário intervalo de 45 horas sem chuva para obter controle de 73%. Entretanto, na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate, controle de 93% foi alcançado com o tempo de seis horas sem chuva após a aplicação.

Todas as formulações de glyphosate foram afetadas pela ocorrência de chuva após aplicação, sendo a diferença mais pronunciada nas menores doses, como observado na dose de 360 g ha⁻¹ do glyphosate amônio (Figura 2(c)), que possui faixa de controle de 50 a 69% com intervalo livre de chuva após aplicação de uma hora até controle da espécie de 80 a 89% no intervalo de 24 horas sem chuva.

Para o glyphosate potássico, na dose de 720 g ha⁻¹ (Figura 2(a)) foi necessário intervalo de pelo menos 12 horas sem chuva após aplicação para obter controle da espécie maior do que 90%, diferindo dos resultados obtidos por Jakelaitis et al. (2001) para o controle de *Digitaria horizontalis*, em que o intervalo de seis horas sem chuva após aplicação não diferiu do tratamento sem chuva, possivelmente devido à diferença de suscetibilidade das espécies ao herbicida.

A eficiência do controle das plantas daninhas pelos herbicidas é dependente de sua ação na planta. É necessário, no entanto, que a molécula seja absorvida e translocada até o local de ação, em quantidade adequada,

onde desempenhará sua função. Até alcançar o local de ação a molécula deve passar por várias barreiras, e o glyphosate sozinho não passa facilmente por todas essas barreiras na planta. Por isso, a sua formulação é de extrema importância na eficiência do herbicida, uma vez que ela melhora as condições de permanência, absorção, solubilidade e translocação na planta (Laerke & Streibig, 1995). As formulações do glyphosate são compostas por diferentes sais e surfatantes e esses possuem comportamento diferenciado quanto à sua ação e interação (Laerke & Streibig, 1995), justificando, assim, a variação na resposta no controle de *B. pilosa* pelas diferentes formulações deste herbicida.

A taxa de absorção das diferentes formulações de glyphosate aumenta com o incremento da concentração do herbicida (Stevens et al., 1991). Segundo Liu et al. (1996), a formação de maior gradiente de concentração entre a gota e a folha e a maior permanência do produto sobre a folha são os principais fatores que aumentam a absorção. A formulação do glyphosate influencia, ainda, o tempo de permanência da gota, em condição adequada de absorção sobre a folha (Nalewata et al., 1996), sem que ocorra a formação de cristal ou forma amorfa. Isso afeta a velocidade de absorção e a quantidade do herbicida absorvido, o que se reflete na maior eficácia de controle das plantas daninhas e, conseqüentemente, nas menores perdas pela ocorrência de chuva após aplicação, como observado em relação ao glyphosate isopropilamina, que foi menos afetado do que os demais nos intervalos de uma e duas horas livres de chuva após a aplicação, tanto no controle visual como na redução do acúmulo de matéria seca aos 28 DAA (Figuras 2(b) e 3(b)).

O glyphosate, na dose de 720 g ha⁻¹, com as formulações isopropilamina e amônio (Figura 2(b, c)) proporcionou controle de *B. pilosa* de 80 a 89% quando a chuva ocorreu em intervalos de quatro e seis horas após as aplicações e controle maior do que 90% no intervalo de 12 horas sem chuva após aplicação, aos 28 DAA. Nessa dose foi necessário um intervalo de pelo menos 4, 12 e 12 horas sem chuva após aplicação para se observar controle visual da espécie maior do que 90%, respectivamente para as formulações amônio, isopropilamina e potássico (Figura 2(a, b, c)).

Comparando os efeitos das formulações em cada intervalo sem chuva após aplicação e em cada dose, na avaliação de controle visual, verificou-se que o glyphosate potássico foi menos eficiente que os demais herbicidas, nos menores intervalos sem chuva, exigindo doses maiores. Entretanto, foi mais eficiente que o glyphosate isopropilamina nos maiores intervalos sem chuva (> 12 horas), diferindo do observado por Jakelaitis et al. (2001), em cujo estudo o glyphosate potássico (Zapp Qi) e o glyphosate isopropilamina (Roundup Transorb) foram menos afetados do que o glyphosate amônio (Roundup WG) pela ocorrência de chuva no controle de *Digitaria horizontalis*. Esses resultados diferiram, também, dos observados no controle de *Brachiaria decumbens*, em que as formulações potássico e isopropilamina proporcionaram menor efeito da ocorrência de chuva no controle da espécie do que a amônio (primeiro capítulo desta tese).

O glyphosate isopropilamina proporcionou melhor controle de *B. pilosa* nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (uma, duas e quatro horas) (Figuras 2(b) e 3(b)). No entanto, nos maiores intervalos sem chuva (6 e 12 horas), o glyphosate amônio foi superior ao potássico e semelhante ao isopropilamina no controle visual desta espécie (Figura 2(c)). O glyphosate potássico proporcionou controle inferior ao dos demais nos períodos sem chuva inferiores a 12 horas (Figura 2(a)), sendo superior aos demais nos intervalos sem chuva maiores que 12 horas.

Para proporcionar controle da espécie maior do que 90% aos 28 DAA, o glyphosate amônio demandou intervalo de pelo menos quatro horas sem chuva após aplicação, na dose de 1.440 g ha⁻¹; entretanto, na dose de 720 g ha⁻¹, foi necessário período de pelo menos 11 horas para obter o mesmo controle. O glyphosate isopropilamina demandou intervalo sem chuva de duas e 12 horas, nas doses de 1.440 e 720 g ha⁻¹, respectivamente, para controlar mais de 90% da espécie aos 28 DAA. O glyphosate potássico proporcionou o mesmo nível de controle na maior dose (1.440 g ha⁻¹), a partir de cinco horas sem chuva, necessitando de intervalos superiores a 12 horas na dose de 720 g ha⁻¹.

As diferenças observadas no efeito das doses e da ocorrência de chuva após aplicação e suas interações, no controle de *B. pilosa*, mesmo trabalhando com a mesma quantidade de equivalente ácido do herbicida nas formulações de glyphosate, possivelmente se devem às diferentes taxas de absorção dos sais presentes nas formulações. De acordo com Nalewaja et al. (1996), a absorção relativa à quantidade aplicada foi de 59% para o sal isopropilamina, 44% para o sal amônio e 21% para o sal sódico. No entanto, a taxa de absorção dos diferentes sais é, também, influenciada pela interação deles com os surfatantes presentes nas formulações. Segundo esses autores, o sal isopropilamina foi o mais ativo, independentemente do surfatante.

O glyphosate amônio, mesmo apresentando excelente controle da espécie nas avaliações visuais, demonstrou menor efeito na redução do acúmulo de matéria seca da parte aérea, quando comparado com as formulações glyphosate isopropilamina e potássico (Figura 3(a, b, c)). O glyphosate isopropilamina ocasionou maior redução do acúmulo de matéria seca de *B. pilosa* do que os demais, demonstrando, assim, que o maior controle visual proporcionado pelo glyphosate amônio não se refletiu na menor produção da matéria seca, possivelmente devido à maior ocorrência de necrose nos tecidos vegetais dos tratamentos com essa formulação, que não evoluiu para a morte da planta. A morte das células no local de contato do herbicida pode promover o refluxo e a perda do glyphosate absorvido pela planta, ocasionando menor translocação do herbicida e, conseqüentemente, menor controle da espécie (Morin et al., 1997). Segundo Gaskin & Zabkiewicz (1992), a perda da integridade da membrana celular reduz a translocação, aumenta a concentração do ingrediente ativo em determinados pontos e ocasiona a morte localizada de células (intoxicação de contato), reduzindo a eficácia do glyphosate.

Para reduzir a produção de matéria seca acumulada acima de 60%, o glyphosate potássico demandou intervalo de pelo menos 10 horas sem chuva após a aplicação, na maior dose. O glyphosate isopropilamina demandou intervalo de quatro horas sem chuva para causar o mesmo efeito na redução do

acúmulo de matéria seca, também na maior dose. No entanto, o glyphosate amônio reduziu a matéria seca acima de 60% somente a partir do intervalo de 11 horas sem chuva, na mesma dose que os demais. Redução maior do que 74% da matéria seca só foi causada por glyphosate isopropilamina na maior dose com intervalo sem chuva superior a 16 horas.

O glyphosate é facilmente influenciado pela ocorrência de chuva após aplicação devido a sua absorção relativamente lenta (Bryson, 1988). Segundo Bariuan et al. (1999), a absorção de C¹⁴-glyphosate sal isopropilamina aumentou de 2,84%, uma hora após aplicação, para 4,18; 6,42; 8,35; e 21,39%, respectivamente, 6, 24, 72 e 168 horas após aplicação de Roundup Ultra (560 g ha⁻¹ do produto comercial) em *Cyperus rotundus*.

As diferentes respostas das formulações estudadas na menor produção da matéria seca acumulada em função da ocorrência de chuva após aplicação e sua interação com as doses, possivelmente, são decorrentes das diferentes taxas de absorção de glyphosate para cada formulação, conforme mencionado por Feng et al. (2000). Esses autores demonstraram que a taxa de absorção varia para as diferentes formulações e, também, é afetada pelo intervalo sem chuva, em que determinada formulação pode possuir melhor absorção em períodos iniciais após aplicação, caindo posteriormente.

O herbicida ainda não absorvido é vulnerável à ação da chuva, que pode lavá-lo da superfície foliar, ocasionando redução do controle das plantas daninhas e, conseqüentemente perdas econômicas, além do risco potencial de contaminação do ambiente. O glyphosate apresenta, em geral, baixo potencial de contaminação do solo, uma vez que é fortemente adsorvido às suas partículas constituintes e rapidamente degradado pelos microrganismos do solo (Sprankle et al., 1975; Rodrigues & Almeida, 1998).

As diferentes formulações de glyphosate afetam a quantidade do herbicida lavado da superfície foliar, como observado por Feng et al. (2000). As diferenças foram marcantes com a chuva que ocorreu 24 horas após a aplicação: a percentagem do Roundup Ultra (sal isopropilamina) recuperado na água da chuva foi de 71,8%, comparado com 83,8 e 86,7%,

respectivamente, para Sulfosate 5 (sal trimetilsulfônico de sulfosate) e Roundup Original (sal isopropilamina). Conseqüentemente, o Roundup Ultra foi mais eficiente do que os demais na absorção de glyphosate por *Abutilon theophrasti*, em particular nos intervalos de 4 e 24 horas após aplicação.

Portanto, a velocidade de absorção do glyphosate é um componente importante no seu desempenho, principalmente quando ocorre chuva após a aplicação. As diferenças nas eficiências de controle das formulações estudadas possivelmente são relacionadas com suas diferentes taxas de absorção e reação na folha, como a ocorrência de necrose no local de absorção, restringindo, assim, a translocação e ação na planta. Nas condições atuais de racionamento de recursos, tanto financeiros como naturais, o conhecimento detalhado das diferenças nas taxas de absorção e translocação das formulações de glyphosate é necessário para minimizar as perdas e reduzir o potencial de contaminação do ambiente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- A eficácia de controle das formulações de glyphosate estudadas foi afetada negativamente pela ocorrência de chuva após a aplicação; a redução no controle de *Bidens pilosa* foi maior à medida que se diminuiu o intervalo sem chuva após a aplicação.

- As doses de glyphosate se diferenciaram no controle de *B. pilosa*, sendo o controle mais eficiente nas maiores doses.

- O efeito das doses no controle de *B. pilosa* foi mais pronunciado nos menores intervalos sem chuva após a aplicação. Semelhantemente, nas menores doses o efeito dos intervalos sem chuva após a aplicação foi mais evidente no controle da espécie.

- As formulações glyphosate isopropilamina e amônio proporcionaram maior toxidez visual as plantas de *B. pilosa* do que o glyphosate potássico.

- Nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (uma, duas e quatro horas) o glyphosate isopropilamina foi superior no controle de *B. pilosa* do que o glyphosate potássico e amônio.

- As formulações glyphosate isopropilamina e potássico proporcionaram menor produção de matéria seca de *B. pilosa* quando comparadas com a formulação glyphosate amônio, sendo, portanto, superiores no controle desta espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARIUAN, J.V., REDDY, K.N., WILLS, G.D. Glyphosate injury, rainfastness, absorption, and translocation in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). **Weed Tech.**, v.13, p.112-119, 1999.
- BROMILOW, R.H., CHAMBERLAIN, K., EVANS, A.A. Physiocochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Sci.**, v.38, p.305-314, 1990.
- BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling Johnson grass. **Weed Tech.**, Champaign, v.2, p.153-158, 1988.
- DEVINE, M.D., BORN, W.H.V. Absorption and transport in plants. In: GROVER, R., CESSNA, A.J. **Environmental chemistry of herbicides**. Vol. II. CRC Press, Florida. p.119-140. 302p. 1991.
- FENG, P.C.C., SANDBRINK, J.J., SAMMONS, R.D. Retention, uptake, and translocation of ¹⁴C-glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Tech.**, v.14, p.127-132, 2000.
- FRANS, R.E. Measuring plant responses. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed Science**. Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.
- GASKIN, R.E., ZABKIEWICZ, J.A. Effect of plant age and adjuvant on the foliar penetration and translocation of glyphosate in pampas grass (*Cortaderia selloana*). In: FOY, C. L. **Adjuvants for agrichemicals**. Boca Raton, CRC Press. 1992. 735p, p.405-410.
- HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1994. p.344-365.

- JAKELAITIS, A., FERREIRA, L.R., SILVA, A.A., MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Dan.**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- LAERKE, P.E. STREIBIG, J.C. Foliar absorption of some glyphosate formulations and their efficacy on plants. **Pesticide Sci.**, v.44, p.107-116, 1995.
- LIU, S.H., CAMPBELL, R.A., STUDESNS. J.A., WAGNER, R.G. Absorption and translocation of glyphosate in Aspen (*Populus tremuloides* Michx.) as influenced by droplet size, droplet number, and herbicide concentration. **Weed Sci.**, v.44, p.482-488, 1996.
- MORIN, F., VERA, V., NURIT, F., TISSUT, M., MARIGO, G. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells: Role of a phosphate transporter. **Pesticide Bioch. and Phys.**, v. 58, p. 13-22, 1997.
- NALEWAJA, J.D., DEVILLIERS, B., MATYSIAK, R. Surfactant and salt affect glyphosate retention and absorption. **Weed Res.**, v. 36, p.241-247, 1996.
- PIRES, N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico.** Viçosa, UFV, Tese DS, 1998. 100 p.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, Londrina: Edição dos autores, 1998, 648 p.
- SILVA, A.A.da, SILVA, J.F.da, FERREIRA, F.A ., FERREIRA, L.R., SILVA, J.F.da. ABAEAS. Módulo 3. **Controle de plantas daninhas**, 2000. 260 p.
- SPRANKLE, P., MEGGITT, W.F., PENNER, D. Adsorption, action, and translocation of glyphosate. **Weed Sci.**, v.23, n.3, p.235-240, 1975.
- STATISTICA program/documentation. StatSoft. In: (1999). Statistica for Windows (Computer program manual).
- STEVENS, P.J.G., GASKIN, R.E., HONG, S.O., ZABKIEWICZ, J.A. Contributions of stomatal infiltration and cuticular penetration to enhancements of foliar uptake by surfactants. **Pesticide Sci.**, v.33, p.371-382, 1991.
- WICKS, G.A., FELTON, W.L., WELSBY, S.M. Effect of rainfall on glyphosate performance on stressed grass weeds following wheat harvest. **Plant Prot. Quart.**, v.8, n.1, p.2-6. 1993.

EFEITO DO CORTE DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE *Brachiaria decumbens* E DA CHUVA APÓS A APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DE GLYPHOSATE

RESUMO

Foram realizados dois experimentos em condições controladas, com o objetivo de estudar a absorção e translocação de glyphosate em *Brachiaria decumbens*. Para isso, foi avaliado o efeito da ocorrência de chuva de 20 mm durante 30 minutos ou a eliminação da parte aérea das plantas, nos intervalos de 0,25; 1; 2; 4; 6; e 24 horas após aplicação de glyphosate, no controle da espécie. O efeito do corte da parte aérea das plantas foi avaliado logo após ou quatro dias depois da simulação de chuva. Não ocorreu diferença entre as formulações de glyphosate potássico (Zapp Qi) e isopropilamina (Roundup Transorb) no controle de *B. decumbens*. Ocorreu translocação suficiente de glyphosate (900 g ha⁻¹) nas plantas para proporcionar menor rebrota mesmo com a ocorrência de corte da parte aérea ou chuva 15 minutos após a aplicação. A realização do corte da parte aérea após a aplicação e o corte após a simulação da chuva proporcionaram menor translocação de glyphosate para os órgãos de reserva e, conseqüentemente, menor controle de *B. decumbens*, quando comparado aos tratamentos com o corte quatro dias após a ocorrência da chuva. Os melhores controles da espécie foram obtidos nos maiores intervalos sem chuva ou sem corte após a aplicação. Nos intervalos de 0,25; 1; e 2 horas após a aplicação de glyphosate o controle de *B. decumbens* foi superior com a realização do corte da parte aérea quatro dias após a ocorrência de chuva, em relação ao corte e à ocorrência de chuva seguida de corte. No entanto, nos intervalos de 4, 6 e 24 horas após a aplicação não houve diferença entre os manejos. Os intervalos de 4 e de 24 horas após a aplicação foram necessários para proporcionar, respectivamente, a absorção e translocação do glyphosate em quantidade adequada ao controle eficiente da espécie.

Palavras-chave: glyphosate potássico, glyphosate isopropilamina, absorção, translocação, rebrota.

Effect from excising the aerial part of the *Brachiaria decumbens* plants and from rainfall after the herbicide application on the effectiveness of the glyphosate

SUMMARY

Two experiments were carried out under controlled conditions, aiming to evaluate the uptake and translocation of the glyphosate in *Brachiaria decumbens* plants. So, the effect of either a 20mm rainfall over 30 minutes or the excision of the plant aerial parts on this weed control was evaluated at intervals of 0.25; 1; 2; 4; 6; and 24 hours after the glyphosate application. The effect from excising the plant aerial part was evaluated either soon after or four days after the rainfall simulation. No difference occurred among formulations of the potassic glyphosate (Zapp Qi) and isopropylamine glyphosate (Roundup Transorb) in controlling *B. decumbens*. When a dose of 900 g ha⁻¹ was applied, an enough glyphosate translocation occurred in these plants to provide a lower resprouting even with the excision of the plant aerial part or the rainfall event at 15 minutes after the herbicide application. The excision of the plant aerial part after the herbicide application and the excision after the rainfall simulation provided a lower translocation of glyphosate toward the storage organs, therefore a lower control over *B. decumbens*, compared to the treatments with excision at four days after the rainfall event. The best controls over this species were obtained at wider intervals without rainfall or excision after the herbicide application. At the intervals of 0.25; 1; and 2 hours after the glyphosate application, the control over *B. decumbens* was higher when the excision of the plant part aerial was accomplished at four days after the rainfall event in relation to the excision or to the rainfall event followed by excision. At intervals of 4, 6 and 24 hours after the herbicide application, however, there was no difference among the used managements. The intervals of 4 and 24 hours after the herbicide application were required to provide either the uptake and translocation of the glyphosate at an adequate amount to efficiently controlling this species.

Keyword: potassic glyphosate, isopropylamine glyphosate, uptake, translocation.

1. INTRODUÇÃO

O glyphosate é um herbicida sistêmico e de ação em pós-emergência, cuja eficácia no controle depende da eficiência de vários processos, como a retenção do herbicida aplicado sobre as folhas, sua absorção, translocação nos tecidos e ação enzimática (Jachetta et al., 1986; Bromilow et al., 1990; Hess, 1994; Rodrigues & Almeida, 1998).

A ocorrência de chuvas logo após as aplicações pode interferir na eficácia dos herbicidas aplicados em pós-emergência, reduzindo o controle das plantas daninhas (Bryson, 1988; Wicks et al., 1993), principalmente para moléculas que possuam absorção mais lenta. Tucker et al. (1994), estudando a absorção e translocação de glyphosate e imazapyr em *Alternanthera philoxeroides*, observaram que imazapyr foi absorvido mais rapidamente pelas folhas do que glyphosate. Aos um, dois e oito dias após o tratamento (DAT), 52, 61 e 88% do imazapyr foram absorvidos, comparados com 19, 16 e 42% de glyphosate absorvido. Os autores também observaram refluxo do glyphosate já absorvido no 2º DAT. No entanto, a taxa de absorção é variável com a planta daninha; segundo Tardif & Leroux (1991), 80% do glyphosate foi absorvido pelas folhas de *Elytrigia repens* até 7 DAT.

A penetração e absorção, a retenção superficial e a lavagem do herbicida dependem do tipo de herbicida, carregadores, diluentes, adjuvantes, volatilização, da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta daninha e dos fatores climáticos (Nalewaja et al., 1996; Pires, 1998; Jakelaitis et al., 2001).

As diferentes formulações para o mesmo herbicida podem alterar a absorção e a translocação do ingrediente ativo, influenciando a eficiência do controle das espécies daninhas (Silva et al., 2000). A absorção varia nas formulações comerciais, como relatado por Feng et al. (2000), estudando a absorção de C¹⁴-glyphosate por *Abutilon theophrasti*, os quais observaram no intervalo de 120 horas após a aplicação, que a absorção de Roundup Ultra, Roundup Original e Sulfosate 5 foi, respectivamente, de 36,2; 31,8; e 22,7%. Entretanto, 24 horas após a aplicação, apresentaram 27,8; 16,0; e 12,72% de

absorção, respectivamente para Roundup Ultra, Sulfosate 5 e Roundup Original, aplicados na dose de 200 g ha⁻¹ de eq.ac., demonstrando, assim, que a taxa de absorção varia para as diferentes formulações e também é afetada no decorrer do tempo; uma determinada formulação pode possuir melhor absorção em períodos iniciais após aplicação, caindo posteriormente.

Pesquisas mostram que o glyphosate requer um período mínimo de quatro horas livre de chuva após a sua aplicação para controlar eficientemente plantas daninhas jovens (Bryson, 1988). Segundo Pires (1998), nas formulações tradicionais, tanto para sulfosate como para glyphosate, esse período sem chuva após aplicação deve ser de no mínimo seis horas para *Brachiaria brizantha*, até mesmo quando aplicados em plantas em plena atividade metabólica. No que se refere ao controle de *Digitaria horizontalis*, Jakelaitis et al. (2001) observaram que as formulações de glyphosate isopropilamina (Roundup Transorb), glyphosate potássico (720 g ha⁻¹ de eq. ac.) e, também, o sulfosate (660 g ha⁻¹ de eq.ac.) apresentaram ótimo controle da espécie quando o intervalo sem chuva após as aplicações foi de quatro a seis horas. Todavia, a formulação tradicional de glyphosate e a formulação de sal amônio (WG) foram as mais afetadas pela chuva em todos os intervalos avaliados, quando comparados com os demais tratamentos herbicidas.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a absorção e a translocação relativa do glyphosate, avaliando o efeito da ocorrência de chuva de 20 mm durante 30 minutos ou a eliminação da parte aérea das plantas, nos intervalos de 0,25; 1; 2; 4; 6; e 24 horas após aplicação de glyphosate, no controle de *Brachiaria decumbens*. Avaliou-se também o efeito do corte da parte aérea das plantas logo após ou quatro dias depois da simulação de chuva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, no período de outubro de 2001 a janeiro de 2002, utilizando-se como substrato um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço.

A *Brachiaria decumbens* foi semeada em bandejas plásticas, sendo suas mudas transplantadas, quando possuíam três folhas, para vasos com capacidade de 3,0 L, contendo solo e fertilizante. A unidade experimental foi constituída por um vaso com quatro plantas, as quais foram podadas a 5 cm da superfície do solo, duas vezes antes da aplicação dos tratamentos, com o objetivo de obter plantas adultas e com bom desenvolvimento radical, ou seja, plantas bem estabelecidas. A irrigação ocorreu diariamente, procurando manter o solo próximo a 80% da capacidade de campo. Foram realizadas adubações de cobertura com adubo Ouro Verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn) em intervalos de sete dias.

Após a segunda poda, quando *B. decumbens* apresentava aproximadamente 50 cm de altura e estava na fase vegetativa, foram aplicados os herbicidas para os dois experimentos.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo-se a pressão constante em 2,5 kgf cm⁻², aplicando o equivalente a 200 L ha⁻¹, com barra possuindo dois bicos XR-110.03. Nos tratamentos com a realização do corte, o mesmo ocorreu respeitando os intervalos após a aplicação de 15 min, 1, 2, 4, 6 e 24 horas, sendo a parte aérea cortada a 5 cm da superfície do solo. Os tratamentos com chuva foram levados para um simulador de chuva, como o utilizado por Pires (1998), onde receberam a lâmina de água de 20 mm durante 30 minutos, respeitando o intervalo sem chuva após aplicação de 15 min, 1, 2, 4, 6 e 24 horas. Tanto nos tratamentos que receberam o corte logo após a simulação de chuva como naqueles que receberam o corte quatro dias após a simulação da chuva, a parte aérea foi cortada 5 cm da superfície do solo.

O estudo comparativo da absorção de glyphosate (é comparativo, pois o glyphosate absorvido não foi quantificado e sim avaliado o seu efeito no controle da planta) foi realizado nos tratamentos com o corte da parte aérea quatro dias após a simulação da chuva, uma vez que a chuva (nessas condições) lava praticamente todo o herbicida ainda não absorvido, ocorrendo então apenas a translocação do herbicida absorvido. Segundo Feng et al.

(2000), a quantificação do herbicida lavado pela chuva é uma determinação indireta da sua absorção pela planta.

O estudo comparativo da translocação de glyphosate foi realizado nos tratamentos com o corte da parte aérea nos intervalos definidos após a aplicação, visto que a eliminação da parte aérea interrompe a absorção e translocação do herbicida para o sistema radical e/ou rizomas.

No estudo da absorção e translocação de diferentes formulações de glyphosate, o experimento foi um fatorial $(2 \times 2 \times 6) + 1$, sendo: as duas formulações de glyphosate, ambas na dose de 900 g ha^{-1} de eq.ac. (Zapp Qi - sal potássico e Roundup Transorb – sal isopropilamina), os dois manejos (corte da parte aérea sem simulação de chuva e corte da parte aérea quatro dias após a simulação da chuva) e seis intervalos para ocorrência da chuva ou do corte (0,25; 1; 2; 4; 6; e 24 horas), com três repetições e uma testemunha sem herbicida. As parcelas foram dispostas no delineamento inteiramente casualizado.

No outro experimento, todos os tratamentos possuíram a formulação glyphosate potássico (Zapp Qi) na dose de 900 g ha^{-1} , sendo dispostos em esquema fatorial $(3 \times 6) + 1$, constituído de: três manejos (corte da parte aérea quatro dias após a simulação de chuva, corte da parte aérea sem simulação de chuva e corte da parte aérea logo após a simulação de chuva) e seis intervalos para ocorrência da chuva ou o corte (0,25; 1; 2; 4; 6; e 24 horas), com três repetições e uma testemunha sem herbicida, dispostos no delineamento inteiramente casualizado.

Os herbicidas utilizados no experimento foram: Zapp Qi - formulação comercial (SA) com 50% de glyphosate sal potássico; e Roundup Transorb - formulação comercial (SA) com 48% de glyphosate sal isopropilamina.

Os vasos foram mantidos no interior da casa de vegetação, com umidade do solo próximo a 80% da capacidade de campo por 23 dias. Após esse período foi realizada avaliação visual da rebrota, segundo a escala de 0 a 100, em que 0 significou nenhuma rebrota e 100%, rebrota semelhante à da testemunha sem herbicida. A parte aérea das plantas foi então cortada e o

material vegetal levado para estufa de circulação forçada a 70 °C, até adquirir massa constante. Os resultados de matéria verde e seca foram expressos em percentagem de rebrota em relação à testemunha sem herbicida.

Os valores das temperaturas máxima e mínima e a umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, no período de realização do experimento, podem ser observados na Figura 1.

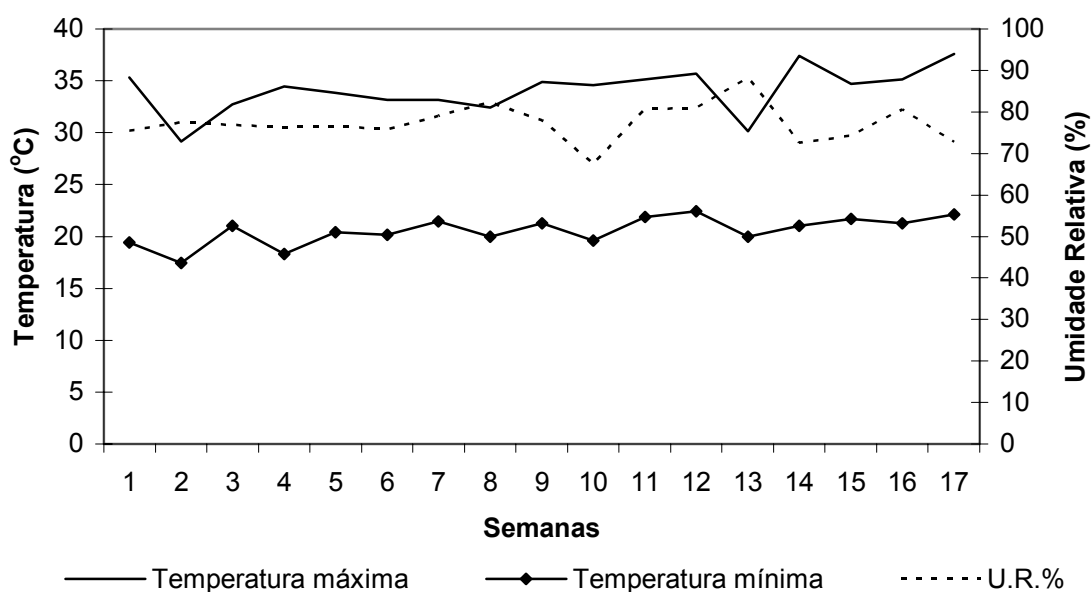


Figura 1 - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, médias semanais, durante o período de realização do experimento, instalado em 01.10.2001.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo (manejos com o corte da parte aérea e chuva) as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Em se tratando dos fatores quantitativos utilizou-se a regressão, e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t” em nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo. As funções foram analisadas e trabalhadas para visualização gráfica pelo *software* Statistica (1999)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estudo comparativo da absorção e translocação de glyphosate em *Brachiaria decumbens*

As análises de variância podem ser observadas na Tabela 1. Ocorreu diferença entre a realização do corte, da simulação de chuva seguida de corte da parte aérea e da simulação de chuva com o corte da parte aérea quatro dias após, indicando que estas práticas afetam a quantidade de glyphosate que é translocado e atinge o local de ação, afetando, assim, a eficiência de controle da espécie. Houve interação significativa entre os manejos empregados no corte da parte aérea de *B. decumbens* e os intervalos para todas as características avaliadas. O estudo da interação foi realizado nas variáveis avaliação visual da rebrota, matéria seca acumulada na parte aérea rebrotada e sua relação com a testemunha, devido ao interesse do estudo. Entretanto, mesmo ocorrendo interação significativa entre os manejos e intervalos, os primeiros foram estudados separadamente, para melhor visualização do efeito da absorção e translocação do glyphosate.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos dados referentes às percentagens de rebrota e matéria verde (MV) e seca (MS) da parte aérea de *Brachiaria decumbens*

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Rebrota (%)			Matéria Acumulada ¹	
		Visual	MV ²	MS ³	MV	MS
Manejos #	2	5.944,6**	2.766,8**	3.545,5**	3.646,3**	142,8**
Intervalos	5	6.642,1**	2.660,8**	3.166,9**	3.506,7**	127,5**
Manejos x Intervalos	10	999,6**	571,9*	783,0*	753,7*	31,5*
Fatorial vs Testemunha	1	14.771**	17.808**	17.685**	1.903,7**	72,8**
Resíduo	38	115,1	243,7	275,2	321,1	11,1
CV (%)		33,9	62,4	65,7	62,4	65,7

Corte da parte aérea, simulação de chuva e corte da parte aérea em seguida ou simulação de chuva e corte da parte aérea das plantas quatro dias após, respeitando os intervalos. ^{1/} Biomassa da parte aérea da rebrota de *Brachiaria decumbens* aos 23 dias após o corte (g vaso⁻¹). ^{2/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria verde da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ^{3/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos com a testemunha sem herbicida. *, ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F; ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F.

A ocorrência de corte da parte aérea ou chuva após a aplicação de glyphosate afetou a produção de biomassa na rebrota da *B. decumbens* (Tabela 2). A ocorrência de chuva com corte em seguida e a realização do corte após aplicação, sem a ocorrência de chuva, afetaram menos o controle da espécie (maior rebrota) do que a ocorrência da chuva com o corte quatro dias depois, uma vez que, após a chuva, os vasos foram mantidos por quatro dias na casa de vegetação, sendo posteriormente cortada a parte aérea das plantas. A manutenção das folhas possibilitou a translocação do glyphosate já absorvido para os órgãos de reserva da planta, aumentando, dessa forma, o controle da espécie. No entanto, a realização do corte das folhas impediu a translocação do herbicida.

A realização do corte logo após a ocorrência da chuva proporcionou menor controle (35% de rebrota de MS) do que o corte quatro dias após a ocorrência da chuva (7% de rebrota de MS), no entanto foi semelhante aos tratamentos com o corte da parte aérea sem ocorrência da chuva (22% de rebrota de MS).

Tabela 2 - Valores médios de rebrota e matéria verde (MV) e seca (MS) da parte aérea de *Brachiaria decumbens* em função dos manejos aplicados

Manejos	Matéria (g vaso ⁻¹) *		Rebrota (%)*		
	MV	MS	Visual	MV ⁴	MS ⁵
Corte ¹	25,3 bc	4,4 b	32 c	22 bc	22 bc
Chuva ²	9,1 c	1,3 c	8 d	8 c	7 c
Chuva + Corte ³	37,5 b	6,9 b	44 b	33 b	35 b
Testemunha sem herbicida	114,8 a	20,1 a	100 a	100 a	100 a

^{1/} Corte da parte aérea nos intervalos de 0,25, 1, 2, 4, 6 e 24 horas após a aplicação do herbicida (n=18). ^{2/} Simulação de chuva respeitando os intervalos após aplicação, realizando o corte da parte aérea quatro dias após. ^{3/} Simulação de chuva respeitando os intervalos e, em seguida, corte da parte aérea. ^{4/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria verde da rebrota dos tratamentos com a testemunha sem herbicida. ^{5/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos com a testemunha sem herbicida. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

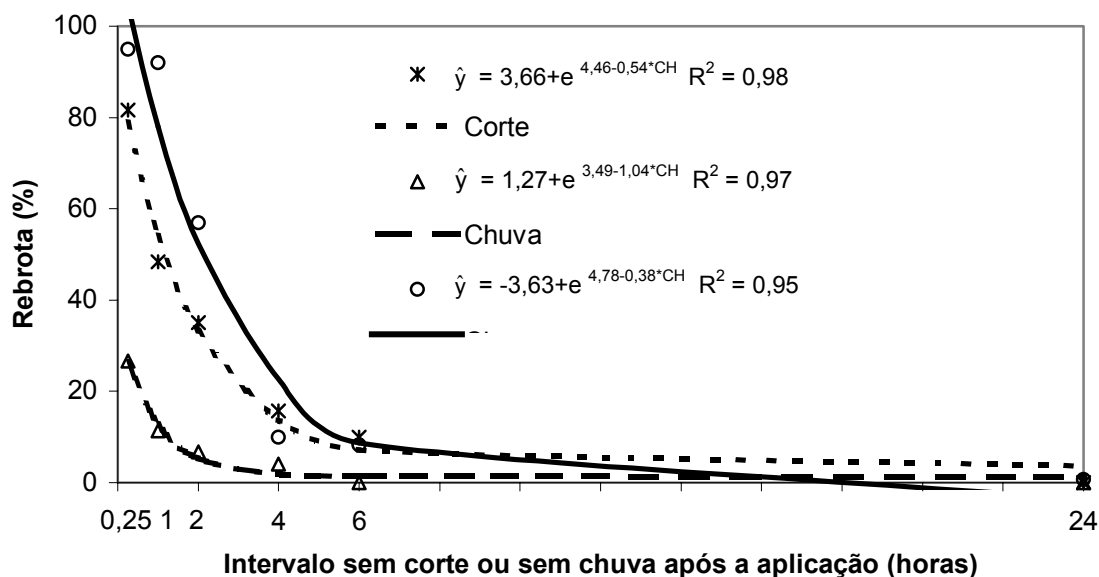
A avaliação indireta da absorção de glyphosate (corte quatro dias após a simulação da chuva) e da translocação (corte da parte aérea sem chuva) demonstrou que a absorção do herbicida foi superior à translocação, resultado este observado no maior controle nos manejos com chuva e corte quatro dias depois. Resultado semelhante foi observado por Feng et al. (2000), os quais relataram que a translocação para o sistema radical foi cerca de $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ do glyphosate absorvido.

A relação proporcional entre o glyphosate translocado e o absorvido foi previamente relatada por Feng et al. (1998), demonstrando, assim, que a eficácia do glyphosate é estreitamente relacionada com a sua absorção.

O efeito da interação dos manejos (ocorrência do corte da parte aérea após a aplicação, chuva seguida de corte da parte aérea e chuva com o corte quatro dias depois) com os intervalos com que estes ocorrem após a aplicação encontra-se nas Figuras 2, 3 e 4. O controle de *B. decumbens* foi maior nos maiores intervalos sem chuva e sem corte após a aplicação, observado pela menor rebrota ou matéria acumulada, devido à maior translocação do glyphosate nos maiores intervalos.

O herbicida ainda não absorvido é vulnerável à ação da chuva, que pode lavá-lo da superfície foliar, ocasionando redução do controle das plantas daninhas e, conseqüentemente, perdas econômicas, além do risco potencial de contaminação do ambiente. O glyphosate apresenta, em geral, baixo potencial de contaminação do solo, uma vez que é fortemente adsorvido às suas partículas constituintes e rapidamente degradado pelos microrganismos do solo (Piccolo et al., 1994; Rodrigues & Almeida, 1998).

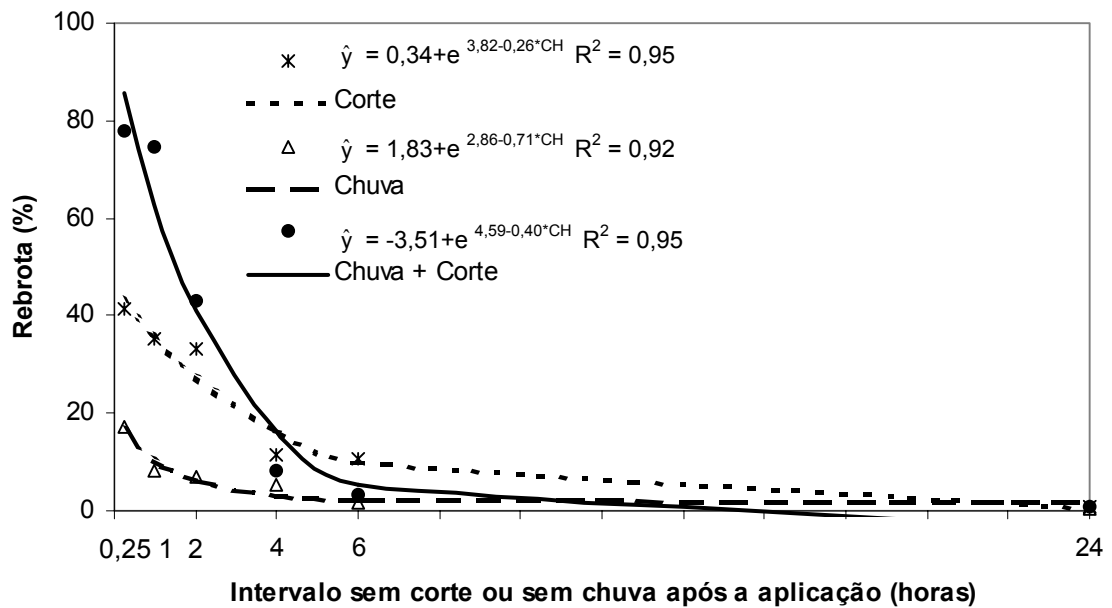
O glyphosate é facilmente influenciado pela ocorrência de chuva após aplicação, devido à sua absorção relativamente lenta (Bryson, 1988; Tucker et al., 1994). Segundo Bariuan et al. (1999), a absorção de C^{14} -glyphosate sal isopropilamina aumentou de 2,84% uma hora após aplicação para 4,18; 6,42; 8,35; e 21,39%, respectivamente 6, 24, 72 e 168 horas após aplicação de Roundup Ultra (560 g ha⁻¹) em *Cyperus rotundus*.



* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de “t”. Abreviação - CH: chuva.

Figura 2 - Estimativas da interação dos manejos (corte, chuva com o corte quatro dias após ou chuva seguida de corte) com os intervalos após aplicação na avaliação visual da rebrota (\hat{y}) de *Brachiaria decumbens*.

A realização do corte da parte aérea após a aplicação e o corte após a simulação da chuva reduziu o controle de *B. decumbens*, quando comparado aos tratamentos com o corte quatro dias após a ocorrência da chuva, em virtude da menor translocação do glyphosate nos menores intervalos (< 6 horas). A manutenção das folhas durante quatro dias após a simulação da chuva possibilitou a translocação do glyphosate já absorvido, como relatado por Bariuan et al. (1999), que observou a translocação de apenas 0,43; 0,32; 1,07; 2,47; e 5,18%, respectivamente 1, 6, 24, 72 e 168 horas após aplicação. A translocação de glyphosate em várias culturas e plantas daninhas fica em torno de 3,5 a 38,0% do herbicida aplicado, no período de 48 horas a 14 dias após a aplicação (McWhorter et al., 1980; Sandberg et al., 1980; Wills, 1978). Bariuan et al. (1999) observaram, após aplicação de Roundup Ultra (560 g ha⁻¹) em *Cyperus rotundus*, que a translocação do glyphosate para o sistema radical ou rizomas foi ainda menor, sendo de 0,19; 0,12; 0,62; 1,41; e 2,48%, respectivamente 1, 6, 24, 72 e 168 horas após aplicação.

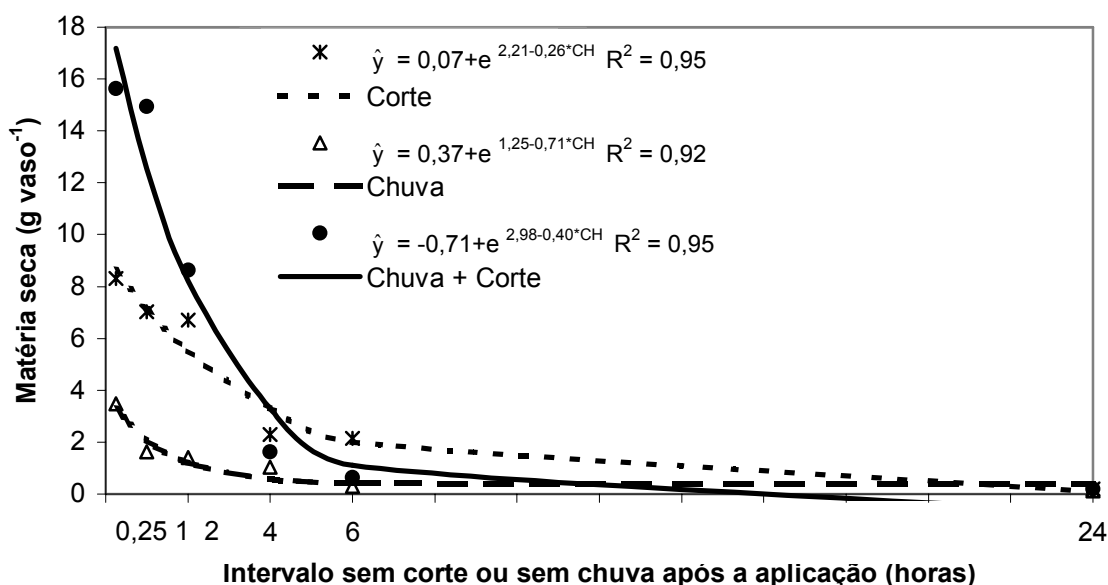


* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de "t". Abreviação - CH: chuva.

Figura 3 - Estimativas da interação dos manejos (corte, chuva com o corte quatro dias após ou chuva seguida de corte) com os intervalos após aplicação na rebrota (\hat{y}) relativa à matéria seca acumulada na parte aérea de *Brachiaria decumbens*.

O controle de *B. decumbens* foi superior (menor rebrota) com a ocorrência de chuva em relação ao corte e a ocorrência de chuva seguida de corte, quando estes ocorreram nos intervalos de 0,25, 1 e 2 horas após a aplicação. No entanto, nos intervalos superiores (4, 6 e 24 horas) não houve diferença, mesmo apresentando valores menores no manejo com ocorrência de chuva do que o corte da parte aérea. Possivelmente a quantidade de glyphosate translocada para o sistema radicular, ou rizomas, da espécie, com o corte da parte aérea ocorrendo nos maiores intervalos, foi suficiente para demonstrar ação na espécie. A rebrota visual foi inferior à 16% com o corte ocorrendo 4, 6 e 24 horas após a aplicação; inferior a 10% com a chuva seguida do corte; e inferior a 4% com o corte quatro dias após a ocorrência de chuva (dados não apresentados).

O controle de *B. decumbens* relativamente elevado, mesmo nos menores intervalos sem chuva após a aplicação (uma e duas horas), possivelmente seja



* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de "t". Abreviação - CH: chuva

Figura 4 - Estimativas da interação dos manejos (corte, chuva com o corte quatro dias após ou chuva seguida de corte) com os intervalos após aplicação na matéria seca (\hat{y}) acumulada na parte aérea de *Brachiaria decumbens*.

O glyphosate potássico (900 g ha^{-1}) controlou eficientemente *B. decumbens* com a ocorrência de chuva quatro horas após a aplicação (4 a 5% de rebrota). Resultados semelhantes foram obtidos por Jakelaitis et al. (2001), em que o intervalo de seis horas sem chuva após aplicação não diferiu do tratamento sem chuva, no controle de *D. horizontalis* com glyphosate potássico (Zapp Qi) na dose de 720 g ha^{-1} demonstrando controle adequado da espécie. Esses resultados foram diferentes dos obtidos no primeiro capítulo desta tese, no qual, com o glyphosate potássico na dose de 900 g ha^{-1} , foi necessário intervalo de pelo menos 13 horas sem chuva após aplicação para se obter 26 a 40% de rebrota de *B. decumbens*. Já na dose de 1.440 g ha^{-1} foi necessário um intervalo de pelo menos dez horas sem chuva após aplicação para se obter essa faixa de rebrota da espécie. Pires (1998) observou controle eficiente de *B. brizantha* com o intervalo de quatro horas sem chuva após a aplicação de glyphosate isopropilamina (Roundup Original) na dose de 1.440 g ha^{-1} .

3.2. Efeito do corte e da chuva sobre a eficiência de controle de *Brachiaria decumbens* por duas formulações de glyphosate

As análises de variância podem ser observadas na Tabela 3. Não ocorreu diferença entre as formulações glyphosate potássico (Zapp Qi) e isopropilamina (Roundup Transorb) no controle de *Brachiaria decumbens*. Esses resultados já eram esperados, pois estas formulações mostraram-se semelhantes no controle de *B. decumbens* com a ocorrência de chuva em vários intervalos após a aplicação (primeiro e quarto capítulos desta tese).

Tabela 3 - Resumo das análises de variância dos dados referentes às percentagens de rebrota e matéria verde (MV) e seca (MS) de *Brachiaria decumbens*

Fonte de Variação	GL	Rebrota (%)			Matéria Acumulada ¹	
		Visual	MV ²	MS ³	MV	MS
Herbicidas	1	0,68ns	22,8ns	1,5ns	30,1ns	0,06ns
Manejos #	1	12.350,7**	5.501,7**	5.798,0**	7.250,7**	233,5**
Intervalos	5	4.511,4**	1.693,5**	1.619,1**	2.231,9**	65,2**
Herbicidas x Man.	1	115,0ns	206,9ns	103,1ns	272,7ns	4,2ns
Man. x Intervalos	5	1.694,6**	551,2**	738,5**	726,4**	29,7**
Herb. x Intervalos	5	79,0ns	67,1ns	27,5ns	88,4ns	1,1ns
Herb. x Man. x Inte.	5	57,9ns	161,5ns	84,2ns	212,9ns	3,4ns
Fator. vs Testemunha	1	18.502**	20.556**	21.045**	26.720**	821**
Resíduo	50	58,49	146,84	143,80	193,47	5,79
CV (%)		33,2	64,1	66,9	64,2	67,1

Corte da parte aérea ou simulação de chuva e corte da parte aérea das plantas quatro dias após, respeitando os intervalos. ^{1/} Matéria da parte aérea da rebrota de *Brachiaria decumbens* aos 23 dias após o corte (g vaso⁻¹). ^{2/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria verde da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ^{3/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ** Significativo a 1% pelo teste de F; ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F. Abreviações: Man.: manejos; Herb.: herbicidas; Inte.: intervalos; Fator.: fatorial.

Ocorreu diferença na realização do corte e da simulação de chuva com o corte da parte aérea quatro dias após, indicando que estas práticas afetam a quantidade de glyphosate que é translocado e atinge o local de ação. Houve interação significativa entre os manejos empregados no corte da parte aérea de *B. decumbens* com os intervalos para todas as características avaliadas. O estudo da interação foi realizado nas variáveis avaliação visual da rebrota,

matéria seca acumulada na parte aérea rebrotada e sua relação com a testemunha, devido ao interesse do estudo. Entretanto, mesmo ocorrendo interação significativa entre os manejos e intervalos, os manejos foram estudados separadamente, para melhor visualização do efeito da absorção e translocação do glyphosate.

A ocorrência de corte da parte aérea ou chuva após a aplicação de glyphosate afetou o acúmulo de biomassa na rebrota da *B. decumbens* (Tabela 4). A realização do corte após aplicação reduziu menos a rebrota da espécie do que a ocorrência da chuva, uma vez que após a chuva os vasos foram mantidos por quatro dias na casa de vegetação, sendo posteriormente cortada a parte aérea das plantas. Essa manutenção das folhas possibilitou a translocação do glyphosate já absorvido para o sistema radicular e rizoma da planta, aumentando, assim, o controle da espécie. No entanto, a realização do corte das folhas impediu a translocação do herbicida, proporcionando menor controle da espécie.

Tabela 4 - Valores médios de rebrota e matéria verde (MV) e seca (MS) de *Brachiaria decumbens* em função dos manejos aplicados

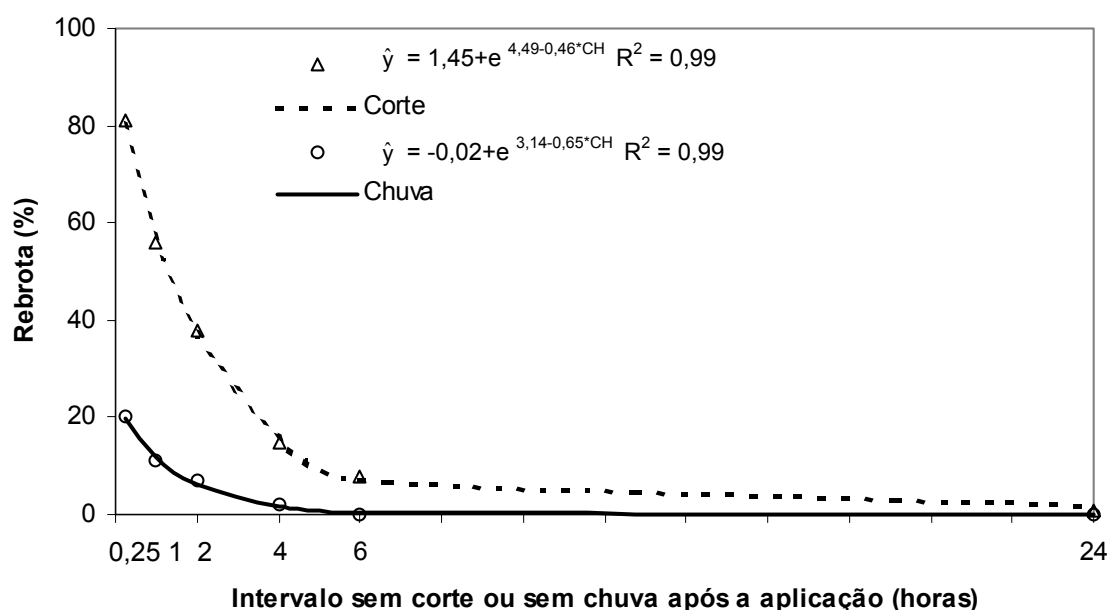
Manejos	Matéria (g vaso ⁻¹) ³ *			Rebrota (%) *	
	MV	MS	Visual	MV ⁴	MS ⁵
Corte ¹	27,9 b	4,7 b	33 b	24 b	24 b
Chuva ²	7,8 c	1,1 c	7 c	7 c	6 c
Testemunha sem herbicida	114,1 a	19,8 a	100 a	100 a	100 a

^{1/} Corte da parte aérea nos intervalos de 0,25, 1, 2, 4, 6 e 24 horas após a aplicação de 900 g ha⁻¹ de eq.ac. de glyphosate potássico ou isopropilamina. (n=36). ^{2/} Simulação de chuva respeitando os intervalos após aplicação, realizando o corte da parte aérea quatro dias após. ^{3/} Matéria acumulada da parte aérea da rebrota de *Brachiaria decumbens* aos 23 dias após o corte. ^{4/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria verde da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. ^{5/} Relação, expressa em percentagem, entre a matéria seca da rebrota dos tratamentos e a da testemunha sem herbicida. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

As formulações não demonstraram diferenças quanto ao efeito dos intervalos de ocorrência da chuva e do corte, possivelmente por demonstrarem taxas de absorção e translocação semelhantes, diferindo dos resultados obtidos por Feng et al. (2000), em que as formulações Roundup Ultra, Roundup Original e Sulfosate 5 possuíram diferentes taxas de absorção.

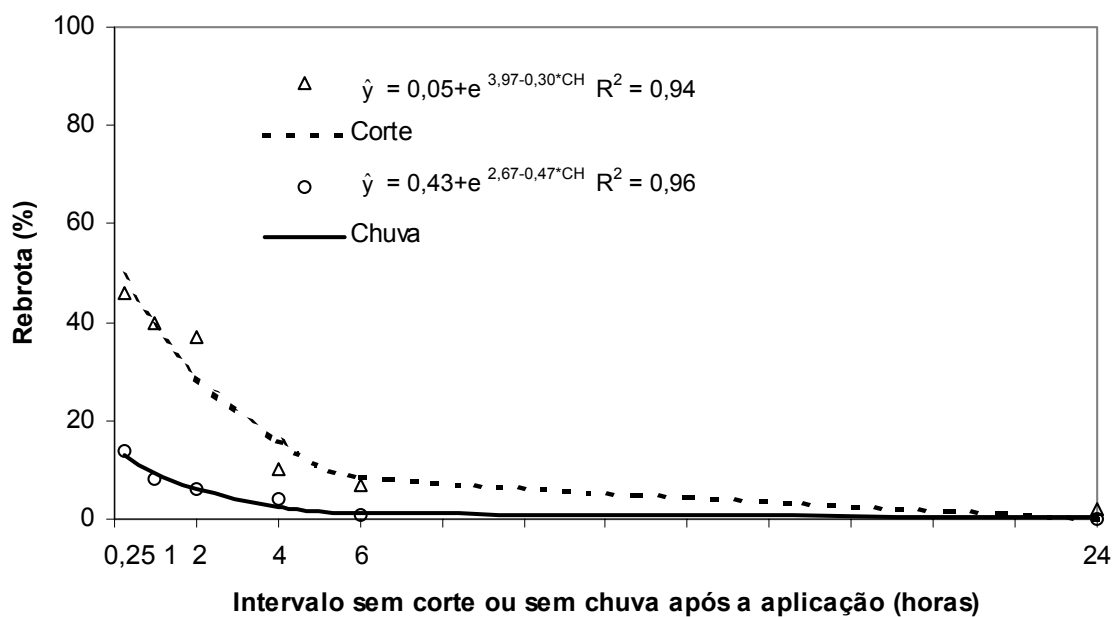
O efeito da interação dos manejos (ocorrência do corte e chuva com o corte quatro dias depois) com os intervalos com que estes ocorrem após a aplicação encontra-se nas Figuras 5, 6 e 7. O controle de *B. decumbens* foi superior nos maiores intervalos sem chuva e sem corte após a aplicação, observado pela menor rebrota ou matéria seca acumulada, devido à maior quantidade de glyphosate translocado nos maiores intervalos, como discutido anteriormente.

Em todos os parâmetros avaliados foi possível observar controle de *B. decumbens* superior com a ocorrência de chuva em relação ao corte, quando este ocorreu nos intervalos de 0,25 a 2 horas após a aplicação. No entanto, nos intervalos superiores (4, 6 e 24 horas) não houve diferença, mesmo apresentando valores menores de rebrota nos tratamentos com a ocorrência de chuva do que o corte da parte aérea.



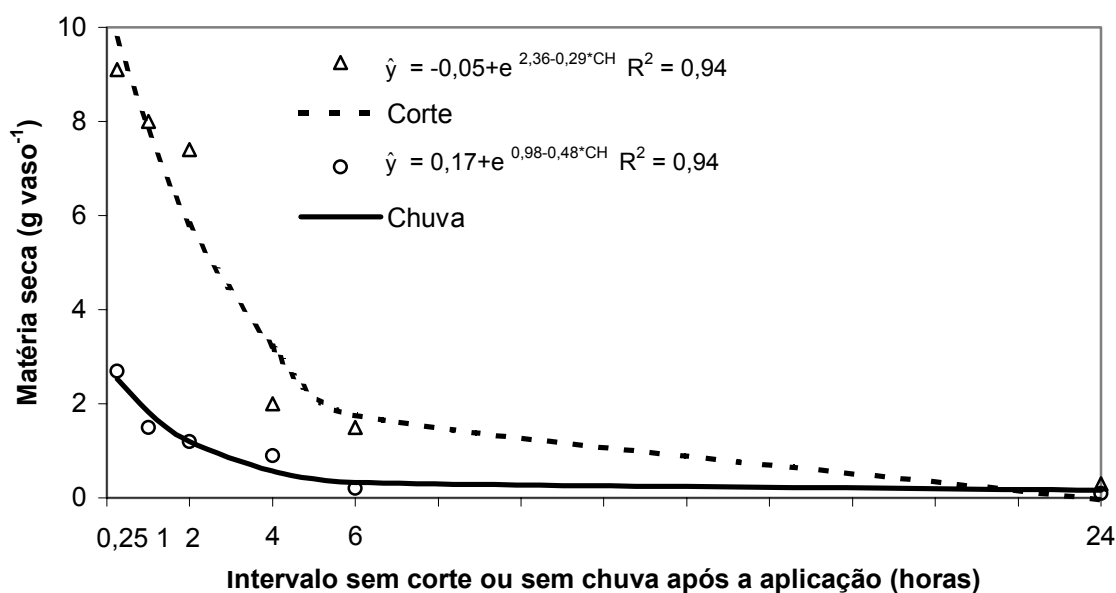
* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de “t”. Abreviação - CH: chuva

Figura 5 - Estimativas da interação dos manejos (corte ou chuva com o corte quatro dias após) com os intervalos após aplicação na avaliação visual da rebrota (\hat{y}) de *Brachiaria decumbens*.



* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de “t”. Abreviação - CH: chuva

Figura 6 - Estimativas da interação dos manejos (corte ou chuva com o corte quatro dias após) com os intervalos após aplicação na rebrota (\hat{y}) relativa à matéria seca acumulada na parte aérea de *Brachiaria decumbens*.



* Coeficiente de regressão significativo a 1% pelo teste de “t”. Abreviação - CH: chuva

Figura 7 - Estimativas da interação dos manejos (corte ou chuva com o corte quatro dias após) com os intervalos após aplicação na matéria seca (\hat{y}) acumulada na parte aérea de *Brachiaria decumbens*.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados, conclui-se que:

- Não houve diferença entre as formulações de glyphosate potássico (Zapp Qi) e isopropilamina (Roundup Transorb) na dose de 900 g ha⁻¹ de eq.ac. no controle de *Brachiaria decumbens*.

- O intervalo de 15 minutos após a aplicação, livre da ocorrência de corte da parte aérea ou chuva, foi suficiente para proporcionar a translocação de glyphosate nas plantas em quantidade capaz de ocasionar menor rebrota de *B. decumbens* (dose de 900 g ha⁻¹ de eq.ac.).

- O glyphosate ainda não absorvido foi vulnerável à ação da chuva, podendo ele ser lavado da superfície foliar, ocasionando assim menor controle das plantas daninhas.

- O controle de *B. decumbens* foi superior nos maiores intervalos sem chuva e sem corte após a aplicação.

- Os intervalos de 4 e de 24 horas após a aplicação foram necessários para proporcionar, respectivamente, a absorção e translocação do glyphosate em quantidade adequada ao controle eficiente da espécie

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARIUAN, J.V., REDDY, K.N., WILLS, G.D. Glyphosate injury, rainfastness, absorption, and translocation in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). **Weed Tech.**, v.13, p.112-119, 1999.
- BROMILOW, R.H., CHAMBERLAIN, K., EVANS, A.A. Physiocochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Sci.**, v.38, p.305-314, 1990.
- BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling johnsongrass. **Weed Tech.**, v.2, p.153-158, 1988.
- FENG, P.C.C., RYERSE, J.S., SAMMONS, R.D. Correlation of leaf damage with uptake and translocation of glyphosate in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Tech.**, v.12, p.300-307, 1998.
- FENG, P.C.C., SANDBRINK, J.J., SAMMONS, R.D. Retention, uptake, and translocation of ¹⁴C-glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Tech.**, v.14, p.127-132, 2000.

- HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil.** West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1994. p.344-365.
- JACHETTA, J.J., APPLEBY, A.P., BOERSMA, L. Apoplastic and symplastic pathways of atrazine and glyphosate transport in shoots of seedlings sunflower. **Plant Phys.**, v.82, p.1000, 1986.
- JAKELAITIS, A., FERREIRA, L.R., SILVA, A.A., MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Dan.**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- McWHORTER, C.G., JORDAN, T.N., WILLS, G.D. Translocation of ¹⁴C-glyphosate in soybean (*Glycine max*) and johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Sci.**, v.28, p.113-118, 1980.
- NALEWAJA, J.D., DEVILLIERS, B., MATYSIAK, R. Surfactant and salt affect glyphosate retention and absorption. **Weed Res.**, v. 36, p.241-247, 1996.
- PICCOLO, A., CELANO, G., ARIENZO, M., MIRABELLA, A. Adsorption and desorption of glyphosate in some european soils. **J. Environ. Sci. Health, Part B**, v.6, p.1105-1115, 1994.
- PIRES, N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico.** Viçosa, UFV, Tese DS, 1998. 100 p.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, Londrina, Paraná. Edição dos autores, 1998, 648p.
- SANDBERG, C.L., MEGGITT, W.F., PENNER, D. Absorption, translocation and metabolism of ¹⁴C-glyphosate in several weed species. **Weed Res.**, v.20, p.195-200, 1980.
- SILVA, A.A.da, SILVA, J.F.da, FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., SILVA, J.F.da. ABAEAS. Módulo 3. **Controle de plantas daninhas**, 2000. 260 p.
- STATISTICA program/documentation. StatSoft, In. (1999). Statistica for Windows (Computer program manual).
- TARDIF, F.J., LEROUX, G.D. Translocation of glyphosate and quizalofop and metabolism of quizalofop in quackgrass biotypes (*Elytrigia repens*). **Weed Tech.**, v.5, p.525-531, 1991.
- TUCKER, T.A., LANGELAND, K.A., CORBIN, F.T. Absorption and translocation of ¹⁴C-imazapyr and ¹⁴C-glyphosate in Alligatorweed *Alternanthera philoxeroides*. **Weed Tech.**, v. 8, p.32-36, 1994.
- WICKS, G.A., FELTON, W.L., WELSBY, S.M. Effect of rainfall on glyphosate performance on stressed grass weeds following wheat harvest. **Plant Prot. Quart.** v.8, n.1, p.2-6. 1993.
- WILLS, G.D. Factors affecting toxicity and translocation of glyphosate in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Sci.**, v.26, p.509-513, 1978.

**EFEITOS DA CHUVA SOBRE A EFICÁCIA DE DIFERENTES
FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO CONTROLE DE
Brachiaria decumbens NO CAMPO**

RESUMO

Foi realizado experimento no campo para avaliar a eficácia de diferentes formulações de glyphosate – sal potássico (Zapp Qi), sal isopropilamina (Roundup Transorb) e sal amônio (Roundup WG) - no controle de *Brachiaria decumbens*, quando submetidas à chuva (16 mm por 56 minutos) nos intervalos de 1, 2, 4 e 6 horas após aplicação dos produtos. A ocorrência de chuva após a aplicação diminuiu o controle de *B. decumbens* por todas as formulações de glyphosate aplicadas na dose de 1,08 kg ha⁻¹ de eq.ac. Os herbicidas não foram eficazes no controle de *B. decumbens*, mesmo na ausência de chuva após a aplicação. Os menores intervalos sem chuva após a aplicação proporcionaram menor controle da espécie por glyphosate. O período de pelo menos quatro horas sem chuva foi necessário para proporcionar controle de *B. decumbens* semelhante ao da testemunha sem chuva para todas as formulações de glyphosate avaliadas. A ocorrência de chuva uma hora após a aplicação reduziu a eficiência de controle de *B. decumbens* para todas as formulações de glyphosate avaliadas, sendo o amônio mais afetado que as demais formulações. Concluiu-se que a ocorrência de chuva após a aplicação de glyphosate reduz sua eficácia no controle de *B. decumbens* e que as formulações glyphosate potássico e isopropilamina possuem sua eficácia menos prejudicada do que a formulação glyphosate amônio.

Palavras-chave: formulação SA, formulação WG, glyphosate isopropilamina, glyphosate amônio, glyphosate potássico

Effects of the rainfall on the effectiveness of different glyphosate formulations in controlling the *Brachiaria decumbens* in field

SUMMARY

The experiment was carried out under field conditions to evaluate the effectiveness of different glyphosate formulations – potassic salt (Zapp Qi), isopropylamine salt (Roundup Transorb) and ammonium salt (Roundup WG) - in controlling the *Brachiaria decumbens* plants submitted to rainfall simulation (16 mm for 56 minutes) at intervals of 1, 2, 4 and 6 hours after applying these products. The rainfall event after the herbicide application reduced the control over *B. decumbens* by all glyphosate formulations applied at the dose of 1.08 kg ha⁻¹ ac. eq. The herbicides showed no efficiency in controlling the *B. decumbens* plants even on the absence of rainfall after their application. The shortest dry intervals after the herbicide application provided a lower control over this species by the glyphosate formulation. The period of at least four hours without rainfall was required to provide a control over *B. decumbens* similar to that of the plant-control without rainfall for all glyphosate formulations evaluated. The rainfall event at one hour after the glyphosate application reduced the efficiency in controlling *B. decumbens* for all glyphosate formulations, while the ammonium formulation was more affected than the other ones. It was concluded that the rainfall event after glyphosate application reduces this herbicide effectiveness in controlling *B. decumbens*, and the effectiveness of the formulations potassic glyphosate and isopropylamine glyphosate is less affected than the ammonium glyphosate formulation.

Keyword: SA formulation, WG formulation, isopropylamine glyphosate, ammonium glyphosate, potassic glyphosate.

1. INTRODUÇÃO

No campo onde são pulverizadas áreas extensas com herbicidas, a ocorrência de condições climáticas inadequadas antes, no momento ou após a aplicação é fato constante, ocasionando falhas no controle, podendo até inviabilizar do ponto de vista econômico a cultura em questão. Um dos exemplos de herbicidas que têm sua eficiência altamente influenciada pelas condições climáticas é o glyphosate. Este produto pertence ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo (Rodrigues & Almeida, 1998). Atualmente estão disponíveis no mercado várias formulações de glyphosate, sendo estas constituídas por diferentes sais (Hartzler, 2001). Assim, as diferentes marcas comerciais de glyphosate podem conter sais de isopropilamina (Roundup Transorb e Roundup Original), sal amônio (Roundup WG e Roundup Multiação) e sal potássico (Zapp Qi). O glyphosate, juntamente com sulfosate e paraquat, é o principal produto usado como dessecante no sistema de plantio direto. Trata-se de um herbicida sistêmico, não-seletivo, altamente solúvel em água, cujo mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, que são essenciais para a síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (Hess, 1994).

Na maioria das plantas, o glyphosate é rapidamente translocado das folhas para os drenos metabólicos, especialmente tecidos meristemáticos e de armazenagem (Bromilow et al., 1990), sendo, por isso, excelente herbicida para o controle de plantas daninhas perenes. Outra vantagem do glyphosate é o fato de apresentar baixa toxicidade à vida aquática e aos mamíferos, considerando que os aminoácidos inibidos pelo herbicida não são sintetizados por esses organismos, sendo ainda um produto rapidamente inativado no solo (Rodrigues & Almeida, 1998).

Antes de apresentar sua ação fitotóxica, o herbicida deve ser absorvido via apoplasto e/ou simplasto e alcançar o seu sítio de ação, geralmente

localizado no interior de uma organela (Hess & Falk, 1990). No entanto, após atingir a superfície foliar, o herbicida está sujeito a vários destinos. O produto aplicado pode escorrer, ser lavado, secar como uma substância amorfa, cristalizar-se após a evaporação do solvente ou, ainda, penetrar na cutícula e permanecer retido nela, não sendo translocado. A consequência imediata é a redução na eficiência de ação do herbicida e, portanto, o controle deficiente das plantas daninhas.

As diferentes formulações de um mesmo herbicida podem alterar a absorção e a translocação do ingrediente ativo, influenciando a eficiência do controle das espécies daninhas (Silva et al., 2000). Pesquisas mostram que o glyphosate requer um período mínimo de quatro horas livre de chuva, após a sua aplicação, para controlar eficientemente as plantas daninhas (Bryson, 1988). Contudo, esse período é variável com a espécie de planta daninha, com a dose empregada e a atividade metabólica da planta (Wicks & Hanson, 1995; Pires, 1998). Esse tempo sem chuva, que pode variar para cada formulação, é necessário para que o princípio ativo seja absorvido e translocado em quantidade suficiente para o herbicida exercer sua plena atividade.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes formulações de glyphosate - Zapp Qi (sal potássico), Roundup Transorb (sal isopropilamina) e Roundup WG (sal amônio) - no controle de *Brachiaria decumbens*, no campo, quando submetidas à chuva nos intervalos de 1, 2, 4 e 6 horas após aplicação dos produtos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Coimbra, da Universidade Federal de Viçosa, situada geograficamente a 20° 50' 30" de latitude sul e a 42° 48' e 30" de longitude oeste, com altitude de 716 m. O solo do local é Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, com boa fertilidade.

No momento da aplicação dos tratamentos, que ocorreu em 12.12.2000, a área experimental possuía 100% de cobertura com *Brachiaria decumbens*, a qual foi semeada um ano antes da condução do experimento. As plantas adultas estavam com aproximadamente 90 cm de altura e cerca de 5% se encontravam no estágio de florescimento.

A dose de glyphosate utilizada foi de 1.080 g ha⁻¹ de eq.ac. das seguintes formulações: Zapp Qi - formulação comercial (SA) com 50% de glyphosate sal potássico; Roundup Transorb - formulação comercial (SA) com 48% de glyphosate sal isopropilamina; e Roundup WG - formulação comercial (WG) com 72% de glyphosate sal amônio.

Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial (3x4)+3, ou seja, três formulações de glyphosate (sal potássico - Zapp Qi; sal isopropilamina - Roundup Transorb; e sal amônio - Roundup WG), quatro intervalos sem chuva após as aplicações dos herbicidas (1, 2, 4 e 6 horas) e para cada produto havia uma testemunha com herbicida que não recebeu chuva simulada e uma testemunha sem herbicida, dispostos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas tiveram 6 m de comprimento e 2,5 m de largura.

As aplicações dos herbicidas foram feitas com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo-se a pressão constante em 3,0 kgf.cm⁻². Foi aplicado o equivalente a 200 L ha⁻¹, com uma barra de cinco bicos TT-110.02. As aplicações foram realizadas em intervalos de 6, 4, 2 e 1 hora antecedendo a irrigação da área, respectivamente para os tratamentos com intervalos de simulação de chuva 6, 4, 2 e 1 hora após a aplicação do herbicida. Nos tratamentos sem simulação de chuva, as plantas foram cobertas com plástico. Após as aplicações nos intervalos correspondentes, a área foi irrigada, por aspersão, por 56 minutos, com lâmina de água de 16 mm. As condições climáticas no momento das aplicações podem ser observadas na Tabela 1.

A eficiência de controle da *B. decumbens* foi avaliada aos 7, 14, 35 e 55 dias após a aplicação (DAA), com base nos sintomas de toxicidade, utilizando a escala de Frans (1972), em que 0% correspondeu à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas.

Tabela 1 - Condições meteorológicas na área experimental no momento das aplicações dos herbicidas no controle de *Brachiaria decumbens*

Intervalos sem chuva após aplicação *	Horário (horas)	Vento (km h ⁻¹) ¹	Temp. (°C) ²	UR (%) ³	Orvalho
Sem chuva	9:20	< 6	24,0	72	Ausente
6 horas	6:40	< 4	19,2	96	Presente
4 horas	8:40	< 5	21,0	91	Ausente
2 horas	10:40	< 6	26,0	70	Ausente
1 hora	11:40	< 7	28,5	70	Ausente

* Lâmina de 16 mm por 56 minutos. ¹ Velocidade do ar. ² Temperatura do ar. ³ Umidade relativa do ar (UR).

As temperaturas mínima e máxima, a umidade relativa do ar e a precipitação pluvial na área experimental de Coimbra, durante o período de realização do experimento, estão apresentadas na Figura 1.

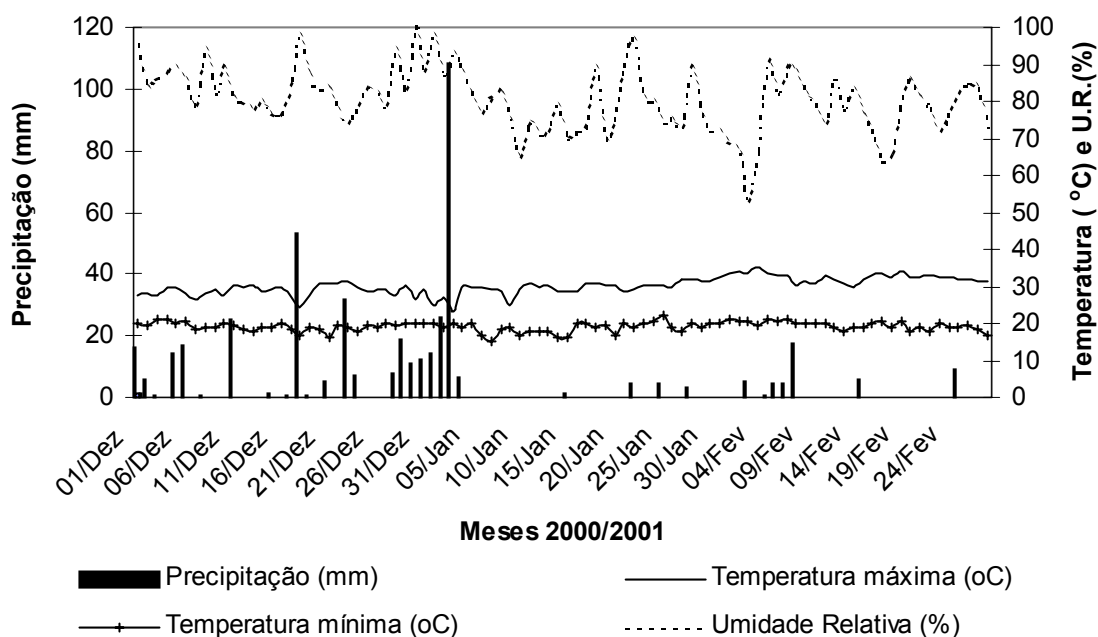


Figura 1 - Dados meteorológicos observados na Estação Experimental de Coimbra-MG, durante o período de realização do experimento.

Para interpretação dos resultados de toxicidade, procedeu-se à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito do intervalo de tempo sem chuva após aplicação dos herbicidas foi decomposto em linear, quadrático e cúbico, obtendo-se em seguida as equações de regressão, utilizando-se o *software* SAEG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das análises de variância (Tabela 2), algumas das interações foram estudadas em regressão, por demonstrarem importância quanto ao fenômeno em estudo, determinando-se a melhor função que explicasse os resultados analisados. Houve efeito de formulações e intervalos de chuva em todas as características avaliadas, à exceção das formulações no controle aos 7 DAA. O fator mais importantes quanto à resposta na planta estudada foram os intervalos sem chuva após a aplicação. As formulações possuíram o menor valor de quadrado médio, o que já era esperado, em razão da alta eficácia destas. Houve interação significativa entre os dois fatores estudados, apenas no controle aos 14 e 35 DAA, porém o desdobramento dos intervalos sem chuva foi realizado para cada formulação apenas na avaliação realizada aos 35 DAA, devido à importância destas informações.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância dos dados referentes às percentagens de controle de *Brachiaria decumbens* nas diferentes épocas de avaliação, em função das formulações e dos intervalos sem chuva após a aplicação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		7 DAA	14 DAA	35 DAA	55 DAA
Formulações	2	10,69 ^{n.s}	235,94**	1327,1**	284,9**
Intervalo sem chuva	3	159,42**	556,94**	1105,6**	245,2**
Formulações vs. Intervalo sem chuva	6	19,77 ^{n.s}	111,63**	207,64**	46,70 ^{n.s}
Tratamentos com herbicida	(11)	56,21*	255,68**	656,06**	144,1**
Testemunhas sem chuva	2	8,33 ^{n.s}	8,33 ^{n.s}	16,58 ^{n.s}	14,58 ^{n.s}
Trat. herbicidas vs. Test. s/ chuva	1	5396,0**	1401,7**	866,40**	453,8**
Blocos	3	11,52 ^{ns}	55,97 ^{ns}	50,68 ^{ns}	88,19 ^{ns}
Resíduo	42	25,16	28,00	34,35	40,28
CV (%)		32,12	21,23	10,86	31,87

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. ^{n.s.} Não-significativo pelo teste de F. Abreviações: Trat. herbicidas.: Tratamentos com as formulações do herbicida; Test. s/ chuva: Testemunhas sem chuva.

Considerando a média de todos os intervalos de ocorrência de chuva após as aplicações, o glyphosate isopropilamina foi superior ao glyphosate amônio, que, por sua vez, não diferiu do glyphosate potássico no controle de

B. decumbens aos 55 DAA (Tabela 3). O baixo controle observado aos 55 DAA se deveu ao restabelecimento das plantas, possivelmente por ter sido aplicada uma dose baixa para as condições do experimento.

Tabela 3 - Valores médios¹ de controle de *B. decumbens* por diferentes formulações de glyphosate aos 55 dias após aplicação (DAA)

Formulações	Controle (%) *	
	55 DAA	
Glyphosate potássico	20	ab
Glyphosate isopropilamina	24	a
Glyphosate amônio	16	b

¹ n = 16 (intervalos sem chuva após a aplicação). * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

A ocorrência de chuva após a aplicação dos herbicidas reduziu o controle de *B. decumbens* (Tabela 4). O maior controle da espécie pelos herbicidas foi observado com o aumento do intervalo de tempo entre a aplicação e a ocorrência da chuva, possivelmente devido à menor quantidade do glyphosate lavado nos maiores intervalos sem chuva após a aplicação e conseqüente maior translocação do glyphosate. Resultados semelhantes foram obtidos por Bryson (1988), Pires (1998) e Jakelaitis et al. (2001).

Tabela 4 - Efeito dos intervalos sem chuva após a aplicação de glyphosate nos valores médios¹ de controle de *Brachiaria decumbens* aos 7 e 55 dias após aplicação (DAA)

Intervalos sem chuva após a aplicação ²	Controle (%) *	
	7 DAA	55 DAA
1h	6 c	15 c
2h	9 bc	17 c
4h	14 b	25 ab
6h	13 b	18 bc
Testemunha sem chuva	35 a	25 a

¹ n = 12 (formulações de glyphosate). ² Aplicação da lâmina de 16 mm de chuva, em 56 minutos. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Aos 55 DAA, para ocorrer controle semelhante ao da testemunha sem chuva foi necessário um intervalo de pelo menos quatro horas sem chuva após a aplicação. Os tratamentos com simulação de chuva seis horas após a aplicação apresentaram controle semelhante aos obtidos com quatro horas de intervalo sem chuva. Entretanto, aos 55 DAA o intervalo de seis horas sem chuva não diferiu do intervalo de uma hora, fato esse, possivelmente, atribuído às condições climáticas da área experimental no momento da aplicação, ou seja, presença de orvalho sobre as folhas das plantas, na aplicação realizada às 6h40 da manhã. Acredita-se que esse fato tenha ocasionado o escoamento do produto aplicado da superfície das folhas, reduzindo a sua eficiência em relação ao mesmo produto aplicado mais tarde.

Os resultados da eficiência de controle de *B. decumbens* pelas diferentes formulações de glyphosate em função dos intervalos de tempo sem chuva após a aplicação podem ser observados nas Tabelas 5, 6 e 7 e na Figura 2.

A ocorrência de chuva nos menores intervalos (uma hora após a aplicação) proporcionou menor controle da espécie nas avaliações realizadas aos 14 e 35 DAA, com exceção do glyphosate isopropilamina, em que o intervalo de uma hora sem chuva após a aplicação não diferiu da testemunha sem chuva quanto ao controle de *B. decumbens* (Tabela 7). Isso, possivelmente, se deve à absorção mais rápida do glyphosate na formulação isopropilamina do que nas formulações glyphosate potássico e amônio, conforme relatado no primeiro capítulo desta tese.

O glyphosate é facilmente influenciado pela ocorrência de chuva após aplicação, devido à sua absorção relativamente lenta (Bryson, 1988; Bariuan et al., 1999). O intervalo de tempo sem chuva após a aplicação afetou a eficácia de controle da espécie para todas as formulações de glyphosate (Figura 2). Observa-se que as diferenças entre os herbicidas tendem a diminuir com o aumento do intervalo sem chuva após a aplicação (Tabelas 5, 6 e 7 e Figura 2).

Considerando a avaliação realizada aos 35 DAA, o intervalo de quatro horas sem chuva após a aplicação foi suficiente para proporcionar controle equivalente ao observado na testemunha sem chuva, para todas as formulações

Tabela 5 - Valores médios¹ de controle de *Brachiaria decumbens* por glyphosate potássico, influenciados pelos intervalos sem chuva após a aplicação

Intervalos sem chuva após a aplicação ²	Controle (%) *	
	14 DAA	35 DAA
1h	14 c	45 c
2h	18 bc	50 bc
4h	21 bc	60 ab
6h	26 ab	58 ab
Testemunha sem chuva	36 a	63 a

¹ n = 4 (blocos). ² Aplicação da lâmina de 16 mm de chuva, em 56 minutos. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 6 - Valores médios¹ de controle de *Brachiaria decumbens* por glyphosate isopropilamina, influenciados pelos intervalos sem chuva após a aplicação

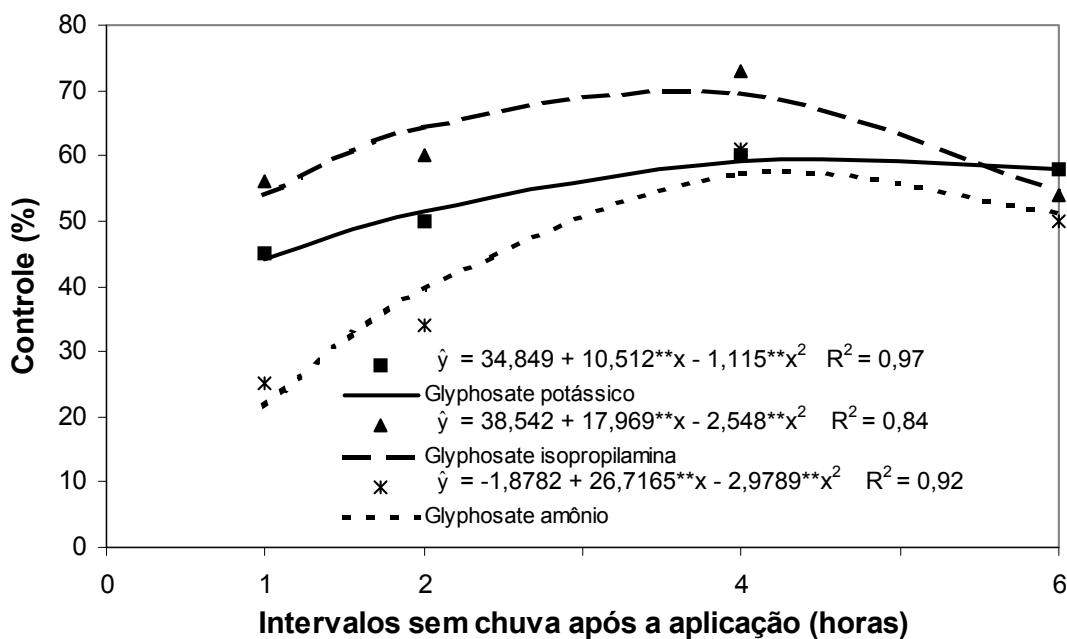
Intervalos sem chuva após a aplicação ²	Controle (%) *	
	14 DAA	35 DAA
1h	25 ab	56 b
2h	21 b	60 b
4h	35 a	73 a
6h	26 ab	54 b
Testemunha sem chuva	34 a	63 ab

¹ n = 4 (blocos). ² Aplicação da lâmina de 16 mm de chuva, em 56 minutos. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 7 - Valores médios¹ de controle de *Brachiaria decumbens* por glyphosate amônio, influenciados pelos intervalos sem chuva após a aplicação

Intervalos sem chuva após a aplicação ²	Controle (%) *	
	14 DAA	35 DAA
1h	9 d	25 b
2h	15 cd	34 b
4h	35 ab	61 a
6h	25 bc	50 a
Testemunha sem chuva	36 a	59 a

¹ n = 4 (blocos). ² Aplicação da lâmina de 16 mm de chuva, em 56 minutos. * Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.



** Significativo a 1% pelo teste de “t”.

Figura 2 - Eficácia das formulações de glyphosate – potássico, isopropilamina e amônio - no controle de *Brachiaria decumbens*, avaliadas aos 35 DAA, em função dos intervalos sem chuva após a aplicação.

de glyphosate na dose de 1.080 g ha^{-1} , semelhantemente ao observado por Bryson (1988). Segundo Pires (1998), nas formulações tradicionais, tanto para sulfosate como para glyphosate, o período sem chuva após aplicação deve ser de no mínimo seis horas para *Brachiaria brizantha*, até mesmo quando aplicados em plantas em plena atividade metabólica. Entretanto, no controle de *Digitaria horizontalis*, Jakelaitis et al. (2001) observaram que as formulações glyphosate isopropilamina (Roundup Transorb), glyphosate potássico (Zapp Qi) (720 g ha^{-1} de eq.ac.) e, também, o sulfosate (Zapp) (660 g ha^{-1} de eq.ac.) proporcionaram controle excelente da espécie quando o intervalo sem chuva após as aplicações foi de 4-6 horas. Todavia, a formulação tradicional de glyphosate isopropilamina (Roundup Original) e a formulação glyphosate amônio (Roundup WG) foram as mais prejudicadas pela chuva em todos os intervalos avaliados, quando comparados com os demais tratamentos herbicidas.

A ocorrência de chuva uma hora após a aplicação reduziu a eficiência de controle de *B. decumbens* aos 35 DAA, para todas as formulações, sendo o glyphosate amônio mais afetado que os demais. O glyphosate isopropilamina foi o mais eficiente, entre os herbicidas testados (Figura 2).

As diferenças das formulações de glyphosate no controle da espécie, quanto à ocorrência de chuva após aplicação possivelmente se devem às diferentes taxas de absorção de cada formulação, uma vez que estas diferem quanto à absorção, como demonstrado por Feng et al. (2000), estudando a absorção de C^{14} -glyphosate por *Abutilon theopasti*. No intervalo de 120 horas após a aplicação, a absorção de Roundup Ultra, Roundup Original e Sulfosate 5 foi, respectivamente, de 36,2; 31,8; e 22,7%. Já no intervalo de 24 horas após a aplicação ela foi de 27,8; 16,0; e 12,72% de absorção, respectivamente para Roundup Ultra, Sulfosate 5 e Roundup Original, aplicados na dose de 200 g ha^{-1} de eq.ac., demonstrando, assim, que a taxa de absorção varia para as diferentes formulações e também é afetada no decorrer do tempo. Uma determinada formulação pode possuir melhor absorção em períodos iniciais após aplicação, caindo posteriormente.

Como observado no presente experimento, a ocorrência de chuva após a aplicação proporcionou diminuição da eficácia do glyphosate, possivelmente pela menor quantidade absorvida decorrente da ação da chuva. Esta pode lavá-lo da superfície foliar, ocasionando redução do controle das plantas daninhas e, conseqüentemente, perdas econômicas, além do risco potencial de contaminação do ambiente. As formulações de glyphosate influenciam a quantidade do herbicida lavado da superfície foliar (Feng et al., 2000), o que poderia ajudar a explicar os resultados deste experimento.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- As formulações de glyphosate – potássico, isopropilamina e amônio - todas na dose de 1.080 g ha^{-1} de eq.ac., não foram eficazes no controle de *B. decumbens*, mesmo na ausência de chuva após a aplicação.

- A ocorrência de chuva após a aplicação diminuiu a eficácia das formulações de glyphosate no controle de *B. decumbens*. Essa redução foi maior no intervalo de uma hora sem chuva após a aplicação.

- Foi necessário o intervalo de quatro horas sem chuva após a aplicação das formulações de glyphosate para proporcionar controle de *B. decumbens* semelhante ao da testemunha sem chuva.

- A formulação de glyphosate amônio foi mais afetada pela ocorrência de chuva após a aplicação do que as demais na eficiência de controle de *B. decumbens*. O glyphosate isopropilamina foi menos influenciado pela ocorrência da chuva do que as demais formulações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARIUAN, J.V., REDDY, K.N., WILLS, G.D. Glyphosate injury, rainfastness, absorption, and translocation in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). **Weed Tech.**, v.13, p.112-119, 1999.

BROMILOW, R.H., CHAMBERLAIN, K., EVANS, A.A. Physiocochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Sci.**, v.38, p.305-314, 1990.

BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling johnsongrass. **Weed Tech.**, v.2, p.153-158, 1988.

FENG, P.C.C., SANDBRINK, J.J., SAMMONS, R.D. Retention, uptake, and translocation of ¹⁴C-glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Tech.**, v.14, p.127-132, 2000.

FRANS, R.E. Measuring plant responses. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed Science**. Southern Weed Science Society, 1972. P. 28-41.

HARTZLER, B. Which glyphosate product is best? (2801/2001) (<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr01-1/glyphosateformulations.htm>.)

HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1994. p.344-365.

HESS, F.D., FALK, R.H. Herbicide deposition on the leaf surface. **Weed Sci.**, v.38, p. 280-288, 1990.

- JAKELAITIS, A., FERREIRA, L.R., SILVA, A.A., MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Dan.**, v.19, n.2, p.279-285, 2001.
- PIRES, N.M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico.** Viçosa, UFV, Tese DS, 1988. 100 p.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**, Londrina-PR: Edição dos autores, 1998, 648 p
- SILVA, A.A.da, SILVA, J.F.da, FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., SILVA, J.F.da. ABAEAS. Módulo 3. **Controle de plantas daninhas**, 2000. 260 p.
- WICKS, G.A., HANSON, G.E. Effect of rainfall on glyphosate plus 2,4-D performance on *Echinochloa crus-galli*. **Weed Sci.**, v.43, p.666-670, 1995.

2. RESUMO E CONCLUSÕES

No campo onde são pulverizadas áreas extensas com herbicidas, a ocorrência de condições climáticas inadequadas antes, no momento ou após a aplicação é fato constante, ocasionando falhas no controle, podendo até inviabilizar do ponto de vista econômico a cultura em questão. O glyphosate é um herbicida que tem sua eficiência altamente influenciada pela ocorrência de chuva após a aplicação, exigindo, assim, um período sem chuva após a aplicação para proporcionar controle adequado da espécie. O conhecimento dos fatores que influenciam esse período sem chuva após a aplicação em condições brasileiras é importante para o melhor aproveitamento do potencial de cada herbicida e, conseqüentemente, menor agressão ao ambiente. Desse modo, foram realizados na Universidade Federal de Viçosa, de agosto de 2000 a junho de 2002, quatro experimentos, objetivando avaliar os efeitos da chuva na eficácia das formulações de glyphosate - potássico (Zapp Qi), isopropilamina (Roundup Transorb) e amônio (Roundup WG) – no controle de *Brachiaria decumbens* e *Bidens pilosa*.

No primeiro experimento foram avaliados os efeitos da chuva na eficiência de controle de *B. decumbens* por diferentes formulações de glyphosate. No segundo objetivou-se investigar os efeitos da chuva na eficiência de controle de *B. pilosa* por diferentes formulações de glyphosate.

No terceiro experimento, estudou-se a absorção e a translocação de glyphosate em *B. decumbens*. No quarto experimento, foram estudados os efeitos da chuva na eficiência de controle de *B. decumbens* por diferentes formulações em campo.

Os resultados permitiram concluir que:

- A ocorrência de chuva após a aplicação de glyphosate reduziu a eficácia de controle de *B. decumbens* e *B. pilosa*; essa redução foi maior à medida que se diminuiu o intervalo sem chuva após a aplicação.

- As doses de glyphosate diferiram no controle de *B. decumbens* e *B. pilosa*, sendo o controle mais eficiente nas maiores doses.

- As formulações glyphosate potássico e glyphosate isopropilamina proporcionaram controle de *B. decumbens* e *B. pilosa* superior e demandaram menor intervalo sem chuva após a aplicação do que a formulação glyphosate amônio.

- Não houve diferença na absorção e translocação entre as formulações de glyphosate potássico e isopropilamina na dose de 900 g ha⁻¹ de eq.ac. em *B. decumbens*.

- Os intervalos de 4 e de 24 horas após a aplicação foram necessários para proporcionar, respectivamente, a absorção e translocação do glyphosate em quantidade adequada ao controle eficiente da espécie.

- O período de pelo menos quatro horas sem chuva foi necessário para proporcionar controle de *B. decumbens* semelhante ao da testemunha sem chuva para todas as formulações de glyphosate na dose de 1.080 g ha⁻¹ de eq.ac., em de campo.