

**MARA CRISTINA KLEINPAUL STEINKE**

**MANEJO QUÍMICO DO REBROTE DO ALGODOEIRO PARA CONTINUIDADE DA  
SEMEADURA DIRETA E O EFEITO NA MICROBIOTA DO SOLO**

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2016**

**MARA CRISTINA KLEINPAUL STEINKE**

**MANEJO QUÍMICO DO REBROTE DO ALGODOEIRO PARA CONTINUIDADE  
DA SEMEADURA DIRETA E O EFEITO NA MICROBIOTA DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2016**

S819m Steinke, Mara Cristina Kleinpaul.

Manejo químico do rebrote do algodoeiro para continuidade da semeadura direta e o efeito na microbiota do solo / Mara Cristina Kleinpaul Steinke. – Tangará da Serra, 2016.  
51f. ; 30 cm.il. (anexo CD-ROM)

Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola)  
- Universidade do Estado de Mato Grosso, 2016  
Orientador: Marco Antônio Camillo de Carvalho

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Glytol. 3. Respiração basal. 4. Biomassa microbiana. 5. Quociente metabólico. I. Autor. II. Título.

CDU – 631.4:633.51

**MESTRADO AMBIENTE E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**MARA CRISTINA KLEINPAUL STEINKE**

**MANEJO QUÍMICO DO REBROTE DO ALGODOEIRO PARA CONTINUIDADE  
DA SEMEADURA DIRETA E O EFEITO NA MICROBIOTA DO SOLO**

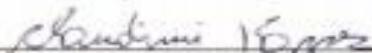
Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2016

Barca Examinadora



Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho (orientador)  
UNEMAT – Campus Alta Floresta



Dr. Claudinei Kappes (membro externo)  
Fundação Mato Grosso



Prof. (a). Dr. (a) Dejánia Vieira de Araújo (membro interno)  
UNEMAT – Campus Tangará da Serra

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2016**

## **DEDICATÓRIA**

*À Deus pelo direito a vida.*

*À minha família pelo incentivo e confiança.*

## **AGRADECIMENTOS**

À DEUS por me dar forças para transpor mais esta etapa.

Aos meus pais pelo apoio, compreensão, incentivo e sacrifícios que fizeram por minha formação.

Aos meus irmãos pela compreensão e amor.

Ao professor Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho pela confiança, orientação e amizade, contribuindo com ensinamentos para minha formação profissional e pessoal;

À professora Dra. Dejânia Vieira de Araújo e ao Dr. Claudinei Kappes pela participação na banca examinadora. Também agradeço a professora Dra. Mirian Inoue pelas contribuições realizadas no exame de qualificação e ao professor Dr. Rivanildo Dallacort por ser suplente das bancas.

Aos colegas do mestrado, pelos bons momentos, trocas de conhecimento e pela amizade;

As minhas amigas Amanda Loiola, Jessie Bagatini, Marsani Josiani, Lucinéia Rossato, Jhenyfer Paula, Fernanda Martins, ao meu amigo Felipe Gindri que me apoiaram durante os estudos.

Aos professores do programa de mestrado pelos valiosos ensinamentos repassados.

À Universidade do Estado do Mato Grosso por me proporcionar a realização de uma pós-graduação.

À Capes pela bolsa de estudos.

Ao Grupo Piaia pelo apoio e disponibilização do local de estudo.

À todos aqueles que contribuíram com este trabalho.

Meus eternos agradecimentos.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| RESUMO.....  | 6  |
| ABSTRACT .....   | 7  |
| INTRODUÇÃO .....   | 8  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 10 |
| ARTIGO 1 - Manejo da soqueira do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e ao glufosinate para continuidade da semeadura direta..... | 12 |
| ARTIGO 2 - Qualidade microbiológica do solo após a aplicação de diferentes herbicidas para dessecação química da soqueira do algodoeiro .....                  | 28 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 48 |

## RESUMO

Diferente das outras culturas agrícolas, as plantas de algodoeiro continuam vegetando mesmo após a colheita, servindo de hospedeiro para pragas e doenças. Dessa forma a destruição dos restos culturais do algodoeiro tornou-se uma prática obrigatória por lei. O método de destruição por roçada mecânica associado ao controle químico com glyphosate vem sendo adotado, porém com a adoção de cultivares tolerantes aos herbicidas glyphosate e glufosinate faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias químicas alternativas para o manejo da soqueira. Apesar do controle químico possibilitar a continuidade da semeadura direta, a utilização de produtos químicos pode afetar a microbiota do solo. Desta forma, objetiva-se identificar a dose de 2,4-D associada à herbicidas e a época de aplicação mais eficaz no controle da rebrota do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e glufosinate, bem como avaliar os efeitos dos herbicidas na qualidade microbiológica do solo após o manejo mecânico e químico da soqueira do algodoeiro. O trabalho foi realizado na safra 2013/2014 no município de Campo Novo do Parecis-MT. O primeiro artigo apresenta delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x6x3, com quatro repetições. E tratamentos com aplicação do herbicida 2,4-D isolado, nas doses de 670 e 1340 g ha<sup>-1</sup>, e associado aos herbicidas carfentrazone, flumiclorac, clorimuron, flumioxazin e imazethapyr, em três épocas de aplicação: após a roçada mecânica (0 DARM); 25 DARM, e 0 DARM e 25 DARM. As avaliações foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias após a 1ª e 2ª aplicação. No segundo artigo, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, esquema fatorial 2x7x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas doses de 2,4-D (670 e 1324 g ha<sup>-1</sup>), isolada ou associada aos herbicidas carfentrazone, flumiclorac, clorimuron, flumioxazin, imazethapyr e um tratamento sem produto químico, além de duas épocas de aplicações (0 DARM e 0 DARM + 25 DARM). A aplicação dos herbicidas foi realizada 0,50 m acima do solo e as coletas ocorreram 14 dias após a aplicação dos herbicidas. Para o primeiro artigo, obteve-se os melhores resultados quando realizadas duas aplicações, 0 DARM + 25 DARM. A utilização da maior dose de 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) mostrou-se mais eficiente, e em relação aos herbicidas percebe-se variações na eficiência dos mesmos em função da época de avaliação, de aplicação e dose de 2,4-D utilizada. Na última época de avaliação, aos 45 dias após a aplicação, 2,4-D+ carfentrazone e 2,4-D + flumiclorac apresentaram as menores massas secas do broto. No segundo artigo pode-se verificar que o herbicida flumiclorac associado ao 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) proporcionou o maior valor de qCO<sub>2</sub> quando aplicado duas vezes. Nota-se que o tratamento com flumioxazin + 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) foi o que menos interferiu na microbiota do solo, e conseqüentemente no meio ambiente pois proporcionou o menor valor de qCO<sub>2</sub>.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*. glytol. respiração basal. biomassa microbiana. quociente metabólico.

## ABSTRACT

Differently from other crops, cotton plants continue vegetating even after harvest, serving as a host for pests and diseases. Thus the destruction of cotton plants remains has become a compulsory practice by law. The method of destruction by mechanical mowing associated with chemical control with glyphosate has been adopted, however with the adoption of cultivars tolerant to glyphosate and glufosinate it is necessary to develop alternative chemical strategies for management of cotton ratoon. Although chemical control permits the continuity of direct seeding, the use of chemicals may affect the soil microbiota. This way, the objective is to identify the 2,4-D dose associated with herbicides and the most effective application time in controlling the regrowth of genetically modified cotton plants for tolerance to glyphosate and glufosinate, as well as to assess the effects of herbicides on microbiological quality of soil after mechanical and chemical management of cotton plant regrowth. The work was carried out in 2013/2014 crop in Campo Novo do Parecis-MT. The first paper presents an experimental design in randomized blocks in factorial scheme 2x6x3, with four replications. And treatments with application of the herbicide 2,4-D alone, at doses of 670 and 1340 g ha<sup>-1</sup>, and associated with the herbicides carfentrazone, flumiclorac, chlorimuron, flumioxazin and imazethapyr in three application times: days after mechanical mowing (0 DAMM); 25 DAMM, and 0 DAMM and 25 DAMM. The evaluations were performed at 15, 30 and 45 days after the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> application. In the second paper, the experimental design was in randomized block, factorial scheme 2x7x2, with four replications. The treatments were based on the combination of two doses of 2,4-D (670 and 1324 g ha<sup>-1</sup>), alone or associated with the herbicides carfentrazone, flumiclorac, chlorimuron, flumioxazin, imazethapyr and a treatment without chemical, as well as two applications periods (0 DAMM and 0 DAMM 0 + 25 DAMM). Herbicide application was performed 0.50 m above the soil and the samples were collected 14 days after herbicide application. For the first paper, the best results were obtained when performed two applications, 0 DAMM + 25 DAMM. The use of higher doses of 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) was more efficient, and in relation to herbicides we perceive changes in their efficiency according to the evaluation time, application and dose of 2,4-D used. During the last evaluation time, 45 days after application, 2,4-D + carfentrazone and 2,4-D + flumiclorac had the smallest dry masses of bud. In the second paper we could verify that the herbicidal flumiclorac associated with 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) provided the highest value of  $qCO_2$  when applied twice. The treatment with flumioxazin + 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) was the least to interfere in the soil microbiota, consequently in the environment, once it provided the lowest  $qCO_2$  value.

**Key-words:** *Gossypium hirsutum*. glytol. basal respiration. microbial biomass. metabolic quotient.

## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do algodoeiro produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo, é responsável por vários produtos com grande relevância tanto para a economia brasileira quanto mundial, razão pela qual é considerada uma das plantas com melhor aproveitamento, desta forma está entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio do Brasil (COSTA *et al.*, 2005).

O cerrado brasileiro constitui-se a principal região produtora de algodão do Brasil, o estado de Mato Grosso é responsável por 58,9% da produção na safra 2014/15 com produtividade de 4.095 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço (CONAB, 2016). Atualmente é utilizado um sistema de produção totalmente mecanizado e com alta tecnologia, pouca utilização de mão de obra (MELHORANÇA, 2015).

Apesar do alto investimento em tecnologia, alguns fatores interferem na produtividade da cultura, dentre eles o ataque de insetos que ocasionam elevados prejuízos aos cotonicultores. As principais pragas causadoras de perdas são o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) e a lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella* Saunders) que se alojam nas maçãs impedindo a formação da fibra. Portanto, a eliminação dos restos culturais do algodão é uma medida preventiva recomendada para a redução de plantas hospedeiras que possam alojar insetos evitando que permaneçam na área cultivada de um ano para outro (EMBRAPA, 2015).

Para eliminar as plantas hospedeiras, a destruição dos restos culturais se tornou uma prática obrigatória por lei. Caso o agricultor não destrua os restos culturais do algodoeiro, após a colheita, ele poderá sofrer penalidades, como multa. No estado de Mato Grosso a prática do vazio sanitário do algodoeiro ocorre entre 16 de setembro e 30 de novembro (INDEA, 2015).

Uma das formas de destruir a soqueira do algodoeiro é através da gradagem do solo. Entretanto, essa prática interrompe a continuidade do sistema de semeadura direta. Assim 70% da soqueira do Estado tem sido destruída através da combinação de roçada mecânica e aplicação de produtos químicos para manter o sistema de semeadura direta, uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais para utilização dos solos (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A semeadura direta apresenta um amplo benefício ambiental, pode-se considerar um sistema com a contribuição mais efetiva que a agricultura está oferecendo em termos de conservação ambiental (WIETHOTER *et al.*, 1998).

Para manter o sistema de semeadura direta, os princípios ativos mais utilizados na destruição química de cultivares convencionais são o 2,4-D e o glyphosate. Entretanto, com o advento de variedades transgênicas tolerantes a herbicidas não seletivos, o uso de produtos químicos fica restrito, pois em variedades Roundup Ready não se utiliza glyphosate, sendo necessário mais estudos para encontrar outra combinação de doses e moléculas que destruam as variedades transgênicas (ANDRADE JÚNIOR; SILVA; SOFIATTI, 2012).

A utilização de insumos agrícolas pode afetar ou não a qualidade do solo (REIS *et al.*, 2008). No estudo realizado por Galon *et al.* (2014), os herbicidas ametryn e a mistura de ametryn + trifloxysulfuron-sodium afetaram negativamente a microbiota do solo. Por outro lado, Castro Júnior, Selbach e Záchiaayub (2006), ao avaliarem o efeito do glyphosate na microbiota do solo, observaram que o herbicida não apresentou efeito negativo sobre a microbiota e que a população de bactérias cultiváveis mostrou-se mais numerosa que a de fungos.

Segundo Totola e Chaer (2002) às propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, são essenciais para manter a produtividade agrícola a longo prazo. Algumas propriedades biológicas do solo, principalmente as de natureza microbiológica, são consideradas como as mais sensíveis à mudanças quando os solos são submetidos a diferentes tipos de manejo e, portanto, seriam as mais adequadas como indicadores de qualidade do solo. Isso porque os microrganismos do solo influenciam diretamente a fertilidade e a produtividade vegetal por meio da ciclagem de nutrientes, supressão de fitopatógenos, produção de fitormônios e, ainda, a capacidade de metabolização de agrotóxicos (Bottomley, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas, doses e época de aplicação sobre a destruição de soqueira e a influência desses na microbiota utilizando do solo. Para tanto, esta dissertação foi sistematizada em dois artigos, além da introdução em questão e as referências bibliográficas. No primeiro objetivou-se identificar a combinação de herbicidas, dose e época de aplicação mais eficaz no controle da soqueira do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e glufosinate. No segundo, se teve como objetivo avaliar o impacto da aplicação de combinações de herbicidas em diferentes épocas na destruição de soqueira do algodoeiro sobre a qualidade microbiológica do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, E. R.; SILVA, O. R. R. F.; SOFIATTI, V. Destruição de soqueira. In: IMAmt. **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso**. Cuiabá: Editora Casa da árvore, 2012. 168 p.

BOTTOMLEY, P. J. Microbial ecology. In: SYLVIA, D. M. et al. **Principles and applications of soil microbiology**. 2. ed. New Jersey: Upper Saddle River, 2005. 463-488 p.

CASTRO JÚNIOR, J. V.; SELBACH, P. A.; ZÁCHIAAYUB, M. A. Avaliação do efeito do herbicida glifosato na microbiota do solo. **Pesticidas: r . ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 16, p. 21-30, 2006.

COSTA, J. N. et al. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14 p. (Circular técnica, 87).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento safra brasileira grãos, v.4 – safra 2015/16, quarto levantamento, janeiro 2016 / Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: Conab, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Destruição de soqueiras de algodão**. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/311.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/311.pdf). Acesso em: 14 jul. 2015.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUARIA – INDEA. **Instrução normativa conjunta SEDER/INDEA-MT Nº 005/2009**. Disponível em: [http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/A\\_03ec21dfd1d4e5bc207a494530511f20IN%20algodao%20005\\_09.pdf](http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/A_03ec21dfd1d4e5bc207a494530511f20IN%20algodao%20005_09.pdf). Acesso em: 30 jul. 2015.

GALON, L. et al. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo cultivado com diferentes genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.13, n.1, p. 47-57, 2014.

MELHORANÇA, A. L. **Avaliação de diferentes métodos mecânicos na eliminação dos restos culturais do algodão**. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba4/308.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/308.pdf). Acesso em: 28 jul. 2015.

OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SCHAEFER, C. E. G. R. et al. **Tópicos em Ciência Do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 394-371.

REIS, M. R. et al. Ação de herbicidas sobre microrganismos solubilizadores de fosfato inorgânico em solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 333-341, 2008.

TOTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. et al. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 195-276.

WIETHOLTER, S. et al. Fósforo e potássio no solo no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, SC: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 121-149.

## Manejo da soqueira do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e ao glufosinate para continuidade da semeadura direta

[Revista Ceres]

### Resumo

A destruição da soqueira da cultura do algodoeiro deve ser realizada após a colheita. No entanto, a destruição através de gradagens inviabiliza a continuidade da semeadura direta o que torna a destruição química uma aliada na conservação do solo. Desta forma, objetiva-se identificar a dose de 2,4-D, associada a diferentes herbicidas e a época de aplicação mais eficaz no controle da soqueira do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e glufosinate. O trabalho foi realizado na safra 2013/2014 no município de Campo Novo do Parecis-MT. Com delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 2x6x3, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela aplicação do herbicida 2,4-D isolado, nas doses de 670 e 1340 g ha<sup>-1</sup>, e associada aos herbicidas carfentrazone, flumiclorac, chlorimuron, flumioxazin e imazethapyr, em três épocas de aplicação: 0 dias após a roçada mecânica (0 DARM), 25 DARM, e 0 DARM + 25 DARM. Realizou-se as avaliações do rebrote aos 15, 30 e 45 dias após a primeira e segunda aplicação. Em relação a época de aplicação obteve-se os melhores resultados quando realizadas duas aplicações, 0 DARM + 25 DARM. A utilização da maior dose de 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) mostrou-se mais eficiente, e em relação aos herbicidas percebe-se variações na eficiência dos mesmos em função da época de avaliação, de aplicação e dose de 2,4 D utilizada. Na última época de avaliação, aos 45 dias após a aplicação, 2,4-D+ carfentrazone e 2,4-D + flumiclorac apresentaram as menores massas secas do broto.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*; destruição química; destruição mecânica; glytol; rebrote.

## **Ratoon management of genetically modified cotton for tolerance to glyphosate and glufosinate for continuity of direct seeding**

### **Abstract**

The destruction of cotton stalk crop should be held after the harvest. However, the destruction by disking prevents the continuation of direct seeding which makes chemical destruction an ally in soil conservation. Thus, the objective is to identify the dose of 2,4-D, associated with different herbicides and the most effectively application time to control ratoon of genetically modified cotton for tolerance to glyphosate and glufosinate. The work was carried out in 2013/2014 crop in the city of Campo Novo do Parecis-MT. The experimental design was in randomized blocks in factorial scheme 2x6x3, with four replications. The treatments consisted of application of the herbicide 2,4-D alone, at doses of 670 and 1340 g ha<sup>-1</sup>, and associated with the herbicides carfentrazone, flumiclorac, chlorimuron, flumioxazin and imazethapyr in three application periods: 0 days after mechanical mowing (0 DAMM), 25 DAMM, and 0 DAMM + 25 DAMM. We evaluated the regrowth at 15, 30 and 45 days after the first and second application. Regarding the application time the best results were obtained when performed two applications, 0 DAMM +25 DAMM. The use of higher doses of 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) was more efficient, and in relation to herbicides we perceived variations in their efficiency according to the evaluation time, the application and the dose of 2,4 D used. During the last period of evaluation, 45 days after application, 2,4-D + carfentrazone and 2,4-D + flumiclorac had the lowest dry masses of bud.

**Key-words:** *Gossypium hirsutum*; chemical destruction; mechanical destruction; glytol; regrowth.

### **INTRODUÇÃO**

O estado de Mato Grosso desenvolveu uma cotonicultura sólida e se tornou líder no processo produtivo brasileiro, é responsável por 58,9% da produção brasileira de algodão em caroço na safra 2014/15. A importância que este Estado possui na composição total da produção brasileira faz com que qualquer variação em sua safra reflita na oferta de algodão de todo o país (Conab, 2016).

Diferente das outras plantas agrícolas cultivadas, o algodoeiro continua investindo na parte vegetativa e reprodutiva mesmo após a colheita, servindo de hospedeiro para pragas e doenças (Azevedo *et al.*, 2004). Desta forma, a destruição da soqueira do algodoeiro é uma prática obrigatória pela Lei n.º 8.589 de 19 de dezembro de 2006 (Brasil, 2008). Tal prática é realizada com o objetivo de diminuir o potencial de pragas e doenças, suprimindo o seu alimento e abrigo na entressafra.

A destruição da soqueira utilizando roçada mecânica e na sequência a aplicação de herbicidas é bastante comum, principalmente em áreas onde se utiliza a semeadura direta. Contudo, a destruição mecânica associada à química nem sempre apresenta bons resultados, podem acontecer rebrotas significativas (Silva *et al.*, 2007). Em busca do melhor manejo, os produtores têm utilizado diferentes épocas de aplicação, alguns realizam a aplicação de herbicidas imediatamente após a roçada, momento em que o toco da soqueira está fragmentado o que auxilia na absorção do herbicida e em caso de rebrote, são realizadas reaplicações. Outros produtores optam por realizar uma aplicação após o rebrote entre 15 a 45 dias após a roçada, tempo necessário para a planta rebrotar e apresentar área foliar para absorver o produto.

Segundo Andrade Júnior *et al.* (2015) os herbicidas mais utilizados na destruição de soqueira são o 2,4-D e o glyphosate, entretanto, com o advento de variedades transgênicas, tolerantes a herbicidas não seletivos, o uso de produtos químicos fica restrito, pois em variedades glytol não se utiliza o glyphosate.

Assim, a definição da dose, modo de aplicação e intervalo de tempo entre a roçada e a pulverização com herbicidas sobre a soqueira são fatores determinantes para o sucesso do controle químico de soqueiras (Fundação Mato Grosso, 2001). Dessa forma, objetivou-se identificar a combinação de herbicida e época de aplicação mais eficaz no controle da soqueira do algodoeiro geneticamente modificado para tolerância ao glyphosate e glufosinate.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado sob condições de campo, após a colheita do algodoeiro, cultivar FiberMax 982 GL (GlyTol LibertyLink), em propriedade localizada no município de Campo Novo do Parecis – MT, durante a segunda safra do ano

agrícola de 2013/14. As coordenadas geográficas do local são 13°31'35" S, 57°48'37" O, e 511m de altitude. Segundo preceitos de Köppen, referidos por Vianello & Alves (2004), o clima da região é o tropical úmido megatérmico ( $A_w$ ), com temperaturas elevadas, chuvas no verão e inverno seco. O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, no esquema fatorial 2x6x3, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por 6 linhas espaçadas em 0,80 m, por 6,0 m comprimento, considerando como área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades, perfazendo área de 16 m<sup>2</sup>.

Os tratamentos experimentais foram constituídos pela combinação de duas doses de 2,4-D (670 e 1324 g ha<sup>-1</sup>), isolada ou associada em mistura aos herbicidas carfentrazone (30 g ha<sup>-1</sup>), chlorimuron (0,32 g ha<sup>-1</sup>), flumiclorac (60 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (80 g ha<sup>-1</sup>), flumioxazin (25 g ha<sup>-1</sup>) e três épocas de aplicações. Na primeira época a aplicação foi realizada imediatamente 0 dias após a roçada mecânica (0 DARM) sobre as hastes das plantas recém-decepadas. Para a segunda época uma aplicação foi realizada aos 25 DARM. Na terceira época uma aplicação 0 DARM e outra aos 25 DARM.

A roçada foi efetuada entre 0,15 e 0,20 m de altura, após a colheita do algodão com o auxílio de desintegrador mecânico tipo triton. A aplicação dos produtos químicos foi realizada a 0,50 m de altura acima da soqueira, utilizando equipamento de pulverização costal pressurizado com gás carbônico (CO<sub>2</sub>), equipado com barra de 1,5 m de largura, 4 bicos tipo jato plano modelo AXI 100 015, operando com pressão de 3 bar e volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações na primeira e terceira época foram realizadas em até 20 minutos ARM, de acordo com a metodologia descrita por Siqueri *et al.* (2015).

Em todas as caldas foi adicionado óleo mineral (428 g L<sup>-1</sup>) como adjuvante, na dose de 0,5 L por 100 L de água. Antes da aplicação de cada ingrediente ativo, o pulverizador era limpo com uma mistura de surfactantes e reagentes formulados para remover resíduos químicos.

As avaliações do rebrote foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias após a primeira e segunda aplicação, através de três amostragens dentro da área útil da parcela, com

coleta de amostras de folhas dos rebrotes de 5 plantas para a determinação da biomassa seca, e posteriormente delimitação do ponto de coleta.

Os rebrotes foram colocados em sacos de papel tipo kraft, para secagem e levados para estufa de circulação forçada de ar  $\pm 60^{\circ}$  C até atingirem massa constante, conforme metodologia descrita por Corrêa & Gomes (2005). Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g para a determinação da massa seca.

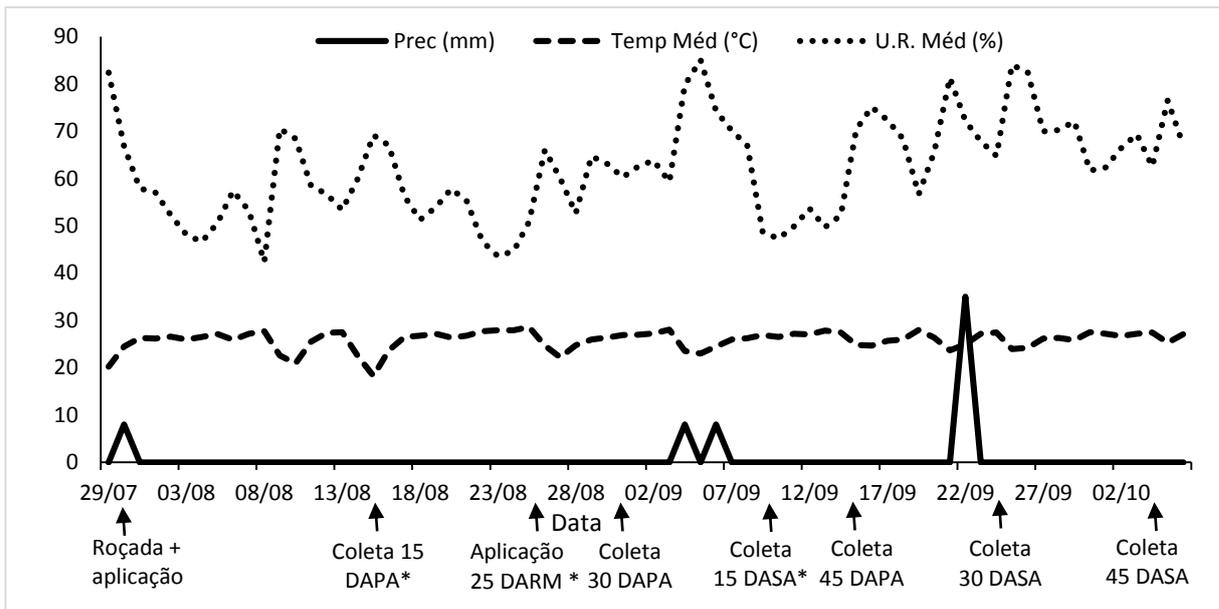
Durante o período de condução do experimento, coletou-se os dados de precipitação com auxílio de pluviômetro instalado próximo à área experimental. Já os dados de temperatura média e umidade relativa do ar através do banco de dados do INMET (2014).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as comparações entre as médias realizadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), utilizando o *software* ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nota-se, na Figura 1, a precipitação ocorrida durante a condução da pesquisa, em que se destaca a baixa pluviosidade durante a coleta de dados dos tratamentos instalados a 0 DARM e um acúmulo de pluviosidade durante a coleta de dados dos tratamentos na aplicação 25 DARM.

Apesar de ocorrer precipitações durante a condução da pesquisa, verificou-se baixa quantidade de chuvas, o que mostra a dificuldade do processo do controle químico da soqueira do algodoeiro, pois nesta época do ano as plantas encontram-se normalmente em estresse hídrico e conseqüentemente com baixa atividade fisiológica. Peregoy *et al.* (1990) relataram que plantas sob estresse hídrico estão sujeitas a mudanças morfológicas, como a desidratação das folhas, o que reduz potencialmente a ação dos herbicidas, resultando em menor fitotoxicidade e eficiência pela alteração na penetração, absorção e translocação dos produtos.



**Figura 1.** Valores diários de precipitação, temperatura média e umidade relativa média. Campo Novo do Parecis (MT), Brasil, 2014. <sup>1</sup>Dias após primeira aplicação (DAPA), <sup>2</sup>Dias após a roçada mecânica (DARM) e <sup>3</sup>Dias após segunda aplicação (DASA).

Ao avaliar a massa seca dos brotos coletados, aos 15 dias após a aplicação (Tabela 1), pode-se verificar uma diferença entre os tratamentos quando aplicados 25 DARM, onde o tratamento com carfentrazone apresentou menor massa seca de brotos. Analisando as épocas dentro das combinações, pode-se verificar que apenas para a combinação 2,4-D + carfentrazone não ocorreu diferença entre as épocas. Para as demais combinações, a aplicação aos 25 DARM produziu a maior massa seca do rebrote.

Andrade Júnior *et al.* (2015), ao estudar a destruição química da soqueira da cultivar FM 982 GL, verificaram que os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos com duas aplicações, uma após a roçada mecânica e a outra no escape, utilizando 2,4-D na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>, associado aos herbicidas flumiclorac, carfentrazone e saflufenacil, que obtiveram 1,3%, 5,2% e 9,9% de plantas rebrotadas, respectivamente. Os autores também observaram que ao realizar uma aplicação nas plantas rebrotadas, o percentual de rebrote foi maior, assim como evidenciado neste trabalho.

**Tabela 1.** Desdobramento da interação significativa entre herbicidas e época de aplicação para massa seca dos brotos de algodão FM 982, determinada aos 15 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)              | Aplicação (A) |             |                      |
|----------------------------|---------------|-------------|----------------------|
|                            | 0 DARM        | 25 DARM     | 0 DARM e aos 25 DARM |
| Massa seca de brotos (g)   |               |             |                      |
| 2,4-D isolado              | 0,198 a C     | 1,366 abc A | 0,591 a B            |
| 2,4-D + carfentrazone      | 0,400 a A     | 0,515 d A   | 0,446 a A            |
| 2,4-D + chlorimuron        | 0,348 a B     | 1,725 a A   | 0,472 a B            |
| 2,4-D + flumiclorac        | 0,399 a B     | 0,924 cd A  | 0,416 a B            |
| 2,4-D + imazethapyr        | 0,387 a B     | 1,436 ab A  | 0,684 a B            |
| 2,4-D + flumioxazin        | 0,433 a B     | 0,990 bc A  | 0,456 a B            |
| DMS Tukey (5%) A(H) = 0,45 |               |             |                      |
| DMS Tukey (5%) H(A) = 0,37 |               |             |                      |
| CV (%) = 16,36             |               |             |                      |

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Uma das explicações para a evidência de menores rebrotos nos tratamentos onde realizou-se a aplicação de produto químico 0 DARM é que a coleta realizada 15 dias após a roçada eliminou grande quantidade de folhas, o que contribuiu para uma menor massa seca de brotos. Nos tratamentos com aplicação aos 25 DARM, a soqueira teve 25 dias para rebrotar, momento em que se realizou a aplicação e aguardou mais 15 dias para a primeira coleta. Desta forma, foram verificados maiores valores de massa seca de rebrote nessa época de aplicação. Na terceira época, ao realizar duas aplicações uma 0 DARM e a outra aos 25 DARM, a segunda aplicação química auxiliou no controle das plantas que rebrotaram.

Ao coletar a massa seca de brotos, 15 dias após a aplicação (Tabela 2), verificou-se diferença significativa no desdobramento entre doses de 2,4-D dentro das épocas de aplicação, o tratamento com 2,4-D na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> apresentou maior eficiência nas três épocas devido a menor massa seca de brotos.

**Tabela 2.** Desdobramento da interação significativa entre dose de 2,4-D e época de aplicação para massa seca dos brotos de algodão FM 982, determinada aos 15 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| 2,4-D (g ha <sup>-1</sup> ) | Aplicação (A)            |           |                      |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|----------------------|
|                             | 0 DARM                   | 25 DARM   | 0 DARM e aos 25 DARM |
|                             | Massa seca de brotos (g) |           |                      |
| 670                         | 0,464 a C                | 1,487 a A | 0,697 a B            |
| 1324                        | 0,261 b B                | 0,831 b A | 0,325 b B            |
| DMS Tukey (5%) A(D) = 0,21  |                          |           |                      |
| DMS Tukey (5%) D(A) = 0,18  |                          |           |                      |
| CV (%) = 16,36              |                          |           |                      |

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Por outro lado, observou-se também diferença entre as épocas de aplicação nas duas doses de 2,4-D (Tabela 2), a aplicação 0 DARM utilizando a dose de 670 g ha<sup>-1</sup> proporcionou menor massa seca de brotos. Na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>, uma aplicação aos 0 DARM não diferiu de duas aplicações (0 DARM e aos 25 DARM), porém apresentaram massa seca de brotos menor que na aplicação realizada no rebrote aos 25 DARM.

Andrade Júnior *et al.* (2015), ao coletar os dados do rebrote aos 15 dias após a primeira aplicação, verificaram mais de 37,9% de rebrote ao utilizar uma aplicação de 2,4-D na dose de 670 g ha<sup>-1</sup>, enquanto que na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>, o rebrote foi de 21,0%. O menor resultado de rebrote (18,7%) foi observado pelos autores quando realizada duas aplicações de 2,4-D na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>, corroborando com os dados do presente trabalho, em que a dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> para o controle mostrou-se superior, independentemente da época da aplicação.

Na Tabela 3 pode-se observar o desdobramento entre herbicidas e a época de aplicação para massa seca determinada aos 30 dias após a aplicação. Em relação a diferença entre as épocas, no tratamento 2,4-D + flumiclorac não ocorreu diferença, sendo que nos demais tratamentos a aplicação aos 0 DARM e aos 25 DARM apresentou menor massa seca de brotos ou não diferiu da menor massa seca de brotos, como ocorreu no tratamento com 2,4-D isolado.

Andrade Junior (2016), ao estudar a destruição química da soqueira do algodão no Mato Grosso, verificou que em todos os experimentos os melhores tratamentos, que apresentaram 0 % de rebrote na última avaliação, foram duas aplicações de 2,4 D + Glifosato (2 L ha<sup>-1</sup> + 1 Kg ha<sup>-1</sup>) e duas aplicações de 2,4 D + Glifosato (2 L ha<sup>-1</sup> + 2 Kg ha<sup>-1</sup>) evidenciando, como no presente trabalho, mais eficiência quando realizadas duas aplicações.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação significativa entre herbicidas e época de aplicação para massa seca dos brotos de algodão FM 982, determinada aos 30 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)              | Aplicação (A) |            |                      |
|----------------------------|---------------|------------|----------------------|
|                            | 0 DARM        | 25 DARM    | 0 DARM e aos 25 DARM |
| Massa seca de brotos (g)   |               |            |                      |
| 2,4-D isolado              | 0,786 ab B    | 1,456 a A  | 1,043 a AB           |
| 2,4-D + carfentrazone      | 1,346 a A     | 1,137 ab A | 0,274 b B            |
| 2,4-D + chlorimuron        | 1,153 ab A    | 1,042 ab A | 0,455 b B            |
| 2,4-D + flumiclorac        | 0,623 b A     | 0,833 b A  | 0,382 b A            |
| 2,4-D + imazethapyr        | 1,018 ab A    | 1,185 ab A | 0,513 ab B           |
| 2,4-D + flumioxazin        | 1,241 a A     | 0,649 b B  | 0,387 b B            |
| DMS Tukey (5%) A(H) = 0,57 |               |            |                      |
| DMS Tukey (5%) H(A) = 0,47 |               |            |                      |
| CV (%) = 15,27             |               |            |                      |

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4 ao comparar as doses de 2,4-D, notou-se que no tratamento 2,4-D + flumiclorac não ocorreu diferença significativa entre as épocas, e nos demais tratamentos a dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D proporcionou menor massa seca de brotos.

Esses dados estão de acordo com os observados por Embrapa (2004), que avaliaram o controle dos rebrotamentos das soqueiras do algodoeiro herbáceo em plantio direto no cerrado. Os autores verificaram que doses maiores de glyphosate (4

L ha<sup>-1</sup> e 5 L ha<sup>-1</sup>), 2,4-D (4 L ha<sup>-1</sup>) e a mistura dos dois produtos na proporção de 2 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate para 2 L ha<sup>-1</sup> de 2,4-D reduziram significativamente a biomassa.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação significativa entre herbicidas e doses de 2,4-D para massa seca dos brotos de algodão FM 982 GL, determinada aos 30 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)               | 2,4-D (g ha <sup>-1</sup> ) |           |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|
|                             | 670                         | 1324      |
| Massa seca de brotos (g)    |                             |           |
| 2,4-D isolado               | 1,602 a A                   | 0,588 a B |
| 2,4-D + carfentrazone       | 1,224 ab A                  | 0,613 a B |
| 2,4-D + chlorimuron         | 1,096 b A                   | 0,671 a B |
| 2,4-D + flumiclorac         | 0,621 c A                   | 0,604 a A |
| 2,4-D + imazethapyr         | 1,134 ab A                  | 0,677 a B |
| 2,4-D + flumioxazin         | 1,033 bc A                  | 0,485 a B |
| DMS Tukey (5%) D (H) = 0,57 |                             |           |
| DMS Tukey (5%) H (D) = 0,11 |                             |           |
| CV (%) = 15,27              |                             |           |

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na coleta realizada aos 45 dias após a aplicação, quando avaliado o comportamento dos herbicidas nas doses de 2,4-D e épocas de aplicação (Tabela 5), notou-se diferença significativa entre os tratamentos ao utilizar a dose de 670 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D quando aplicado 25 DARM, onde os tratamentos 2,4-D+ carfentrazone, 2,4-D + flumiclorac, 2,4-D + imazethapyr e 2,4-D + flumioxazin apresentaram os menores valores de massa seca de brotos.

O carfentrazone assim como o flumioxazin e flumiclorac pertencem ao grupo químico das triazolinonas e tem como mecanismo de ação inibir a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), enzima envolvida na rota biossintética da clorofila (EMBRAPA, 2008). Logo, ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio IX nas plantas tratadas com estes herbicidas, que na presença da luz colabora na formação de oxigênio singlete, responsável pela peroxidação de membranas (Dayan *et al.*, 1997). Isso causa rápida

dessecação das espécies suscetíveis e os sintomas podem ser observados no mesmo dia da aplicação.

**Tabela 5.** Desdobramento da interação significativa entre herbicidas, dose de 2,4-D época de aplicação, na massa seca dos brotos de algodão FM 982 GL, coletado aos 45 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)            | 2,4-D (670 g ha <sup>-1</sup> ) |         |                      | 2,4-D (1324 g ha <sup>-1</sup> ) |         |                      |
|--------------------------|---------------------------------|---------|----------------------|----------------------------------|---------|----------------------|
|                          | Época (E)                       |         |                      | Época (E)                        |         |                      |
|                          | 0 DARM                          | 25 DARM | 0 DARM e aos 25 DARM | 0 DARM                           | 25 DARM | 0 DARM e aos 25 DARM |
| Massa seca de brotos (g) |                                 |         |                      |                                  |         |                      |
| 2,4-D isolado            | 3,23 bc                         | 6,23 a  | 7,37 a               | 2,23 ab                          | 4,19 a  | 3,08 a               |
| 2,4-D+<br>carfentrazone  | 2,42 c                          | 3,23 b  | 1,65 c               | 2,13 b                           | 1,66 b  | 1,05 c               |
| 2,4-D + chlorimuron      | 4,52 ab                         | 4,80 a  | 3,56 b               | 2,41 ab                          | 3,26 a  | 1,60 bc              |
| 2,4-D + flumiclorac      | 3,12 bc                         | 3,32 b  | 3,16 b               | 2,05 b                           | 2,89 ab | 1,25 c               |
| 2,4-D + imazethapyr      | 5,45 a                          | 2,96 b  | 2,74 bc              | 3,60 a                           | 3,62 a  | 2,34 ab              |
| 2,4-D + flumioxazin      | 4,67 a                          | 3,10 b  | 2,43 bc              | 2,65 ab                          | 2,96 ab | 2,86 b               |

DMS Tukey (5%) H (D x E) = 1,43

Cv (%) = 18,39

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 6 pode-se observar o desdobramento dos herbicidas em relação a época de aplicação e as doses de 2,4-D. Com a aplicação 0 DARM, somente no tratamento 2,4-D + carfentrazone não ocorreu diferença entre as doses de 2,4-D, sendo que nos demais tratamentos a dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> mostrou-se eficaz. Quando a aplicação foi realizada 25 DARM nos tratamentos 2,4-D isolado, 2,4-D + carfentrazone e 2,4-D + chlorimuron a maior dose de 2,4-D também apresentou menor massa seca de brotos, e nos demais tratamentos não foi verificada diferença entre as doses de 2,4-D.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação significativa entre dose de 2,4-D, herbicida e época de aplicação para massa seca dos brotos de algodão FM 982 GL, determinada aos 45 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)         | 0 DARM                      |        | 25 DARM |        | 0 DARM+ 25 DARM |        |
|-----------------------|-----------------------------|--------|---------|--------|-----------------|--------|
|                       | 2,4-D (g ha <sup>-1</sup> ) |        |         |        |                 |        |
|                       | 670                         | 1324   | 670     | 1324   | 670             | 1324   |
| 2,4-D isolado         | 3,23 a                      | 2,23 b | 6,23 a  | 4,19 b | 7,37 a          | 3,08 b |
| 2,4-D + carfentrazone | 2,42 a                      | 2,13 a | 3,23 a  | 1,66 b | 1,65 a          | 1,05 a |
| 2,4-D + chlorimuron   | 4,52 a                      | 2,41 b | 4,80 a  | 3,26 b | 3,56 a          | 1,60 b |
| 2,4-D + flumiclorac   | 3,12 a                      | 2,05 b | 3,32 a  | 2,89 a | 3,16 a          | 1,25 b |
| 2,4-D + imazethapyr   | 5,45 a                      | 3,60 b | 2,96 a  | 3,62 a | 2,74 a          | 2,34 a |
| 2,4-D + flumioxazin   | 4,67 a                      | 2,65 b | 3,10 a  | 2,96 a | 2,43 a          | 2,86 a |

DMS Tukey (5%) D (H x E) = 0,98

CV (%) = 18,39

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na aplicação 0 DARM e aos 25 DARM a maior dose de 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) nos tratamentos com 2,4-D isolado, 2,4-D + chlorimuron e 2,4-D + flumiclorac foi mais eficaz, com menor massa seca de brotos. Esse comportamento mostrou que ocorre variação no controle do rebrote dependendo da época de aplicação e tratamento utilizado para as doses de 2,4-D.

De acordo com Oliveira Júnior *et al.* (2006) há uma tendência consistente de que as aplicações sequenciais proporcionem controle mais efetivo das plantas daninhas. Tal evidência explica-se visto que na aplicação sequencial existe a possibilidade de controlar fluxos mais tardios de infestação, além de reforçar o controle obtido pela primeira aplicação em espécies de difícil controle, aumentando a eficiência de controle.

Na avaliação da massa dos brotos aos 45 dias após a aplicação, utilizando a dose de 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>), foi observada diferença significativa dos tratamentos para as diferentes épocas de aplicação, onde 2,4-D isolado apresentou menor massa seca dos brotos quando aplicado 0 DARM (Tabela 7). Os tratamentos 2,4-D + imazethapyr e 2,4-D + flumioxazin não diferiram na aplicação aos 25 DARM ou 0 DARM e aos 25 DARM e apresentaram os menores valores de massa seca dos brotos.

**Tabela 7.** Desdobramento da interação significativa entre época de aplicação, herbicida e dose de 2,4-D, para massa seca dos brotos de algodão FM 982 GL, determinada aos 45 dias após a aplicação. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Herbicida (H)                       | 2,4-D (670 g ha <sup>-1</sup> ) |         |                      | 2,4-D (1324 g ha <sup>-1</sup> ) |         |                      |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|----------------------|----------------------------------|---------|----------------------|
|                                     | Época (E)                       |         |                      | Época (E)                        |         |                      |
|                                     | 0 DARM                          | 25 DARM | 0 DARM e aos 25 DARM | 0 DARM                           | 25 DARM | 0 DARM e aos 25 DARM |
| Massa seca de brotos (g)            |                                 |         |                      |                                  |         |                      |
| 2,4-D isolado                       | 3,23 b                          | 6,23 a  | 7,37 a               | 2,23 b                           | 4,19 a  | 3,08 ab              |
| 2,4-D + carfentrazone               | 2,42 ab                         | 3,23 a  | 1,65 b               | 2,13 a                           | 1,66 a  | 1,05 a               |
| 2,4-D + chlorimuron                 | 4,52 ab                         | 4,80 a  | 3,56 b               | 2,41 ab                          | 3,26 a  | 1,60 b               |
| 2,4-D + flumiclorac                 | 3,12 a                          | 3,32 a  | 3,16 a               | 2,05 ab                          | 2,89 a  | 1,25 b               |
| 2,4-D + imazethapyr                 | 5,45 a                          | 2,96 b  | 2,74 b               | 3,60 a                           | 3,62 a  | 2,34 a               |
| 2,4-D + flumioxazin                 | 4,67 a                          | 3,10 b  | 2,43 b               | 2,65 a                           | 2,96 a  | 2,86 a               |
| DMS Tukey (5%) E (H x 2,4-D) = 1,72 |                                 |         |                      |                                  |         |                      |
| CV (%) = 18,39                      |                                 |         |                      |                                  |         |                      |

Obs. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Andrade Júnior *et al.* (2015), também observaram a importância da segunda aplicação para eliminar escapes de rebrotes da primeira aplicação, ao utilizar uma aplicação de 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) + glyphosate (540 g ha<sup>-1</sup>) e 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>) + glyphosate (720 g ha<sup>-1</sup>) obtiveram 11,4 e 5% de plantas rebrotadas, enquanto que com duas aplicações 0% de plantas rebrotadas, utilizando os mesmos herbicidas e doses.

Outro fator que pode ter contribuído para um melhor controle do rebrote é a umidade no solo que aumentou devido a maior precipitação que ocorreu nos tratamentos que receberam duas aplicações, uma 0 DARM e a outra aos 25 DARM (Figura 1).

Segundo Bastiani *et al.* (2000) deve-se considerar que as condições de estresse hídrico induzem as plantas a apresentar menor atividade fisiológica, como a taxa fotossintética, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> e transpiração. De acordo com Kramer (1987), em plantas cultivadas sob condições de déficit hídrico, a translocação de água e outras substâncias também ficam

comprometidas, uma vez que há redução da transpiração e conseqüentemente do fluxo de massa, o que dificulta o movimento do herbicida até seu sítio de ação na célula vegetal.

Ao estudar dois locais diferentes, Andrade Júnior *et al.* (2015) verificaram que houve melhor desempenho dos tratamentos que receberam maiores precipitações, tanto antes quanto durante o período de realização dos experimentos, pois quando a umidade no solo é maior, mais elevada também será a atividade fisiológica das plantas do algodoeiro, condição que favorece a absorção e translocação dos herbicidas, com melhor resultado final na destruição da soqueira.

## **CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos e para as condições em que a pesquisa foi desenvolvida pode-se concluir que:

Os melhores resultados em relação a época de aplicação foram observados quando realizadas duas aplicações, 0 DARM e aos 25 DARM;

A maior dose de 2,4-D ( $1324 \text{ g ha}^{-1}$ ) mostrou-se mais eficiente;

Em relação aos herbicidas, percebe-se variações na eficiência dos mesmos em função da época de avaliação, aplicação e dose de 2,4 D utilizada, sendo que 2,4-D+ carfentrazone e 2,4-D + flumiclorac apresentaram as menores massa seca do broto na última época de avaliação, aos 45 dias após a aplicação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

Andrade Júnior ER, Cavenaghi AL, Guimaraes SC & Antunes Junior MZ (2015) Destruição química da soqueira em variedades de algodoeiro resistentes ao glifosato. IMAmt. 8p. (Circular técnica, 17).

Andrade Júnior ER. Destruição química da soqueira do algodão no Mato Grosso [internet]. Disponível em: <http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/72/original/07%20-%20Destru%C3%A7%C3%A3o%20Qu%C3%ADmica%20de%20Soqueira.pdf?1307131343>. Acesso em: 08 março de 2016.

Azevedo DMP, Cortez JRB & Brandão ZN (2004) Uso de desfolhantes, maturadores e dessecantes na cultura do algodoeiro irrigado. Campina Grande, Embrapa. 7p. (Circular técnica, 78).

Bastiani MLR, Silva AA, Ferreira FA & Cardoso AA (2000) Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas em pós-emergência, sobre o controle de plantas daninhas, em solo com dois níveis de umidade. Planta Daninha, 18:57-70.

Brasil (2008) Decreto n. 1524, de 20 de agosto de 2008. Diário Oficial da União, 20 de agosto de 2008.

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2016/Companhia Nacional de Abastecimento [internet]. Brasília, DF; 2016 Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_01\\_12\\_14\\_17\\_16\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf). Acessado em: 23 janeiro de 2016.

Corrêa JC & Gomes AC (2005) Manejo das soqueiras do algodoeiro herbáceo em plantio direto com rotação de culturas nos cerrados. Revista Ceres, 52:739-749.

Dayan FE, Duke SO, Weete JD & Hancock HG (1997) Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. Pesticide Science, 51:65-73.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2008) Herbicidas, mecanismo de ação e uso. 1. ed. Planaltina, Embrapa Cerrados. 36p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2013) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Embrapa. 353p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2004) Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Planaltina, Embrapa Cerrados. 19 p.

Fundação Mato Grosso (2001) Boletim de pesquisa de algodão. Rondonópolis, Fundação MT. 237p. (Boletim, 4).

Instituto Nacional de Meteorologia (2014) Dados meteorológicos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=email/previsaoPorEmail>. Acessado em: 14 de setembro de 2014.

Kramer PJ (1987) Water relations of plants. London, Academic Press. 489p.

Monquero PA, Christoffoleti PJE & Santos CTD (2001) Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. *Planta Daninha*, 19:375-380.

Oliveira Júnior RS, Constantin J, Costa JM, Cavalieri SD, Arantes JGZ, Alonso DG, Roso AC & Biffe DF (2006) Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. *Planta Daninha*, 24:721-732.

Peregoy R, Kitchen LM, Jordan PW & Griffin JL (1990) Moisture stress effects on the absorption, translocation, and metabolism of haloxyfop in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). *Weed Science*, 38:331-337.

Siqueri FV, Martins J & Guedes HC (2015) Avaliação de herbicidas para a destruição química de soqueiras do algodoeiro. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba4/311.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/311.pdf). Acessado em: 17 de agosto de 2015.

Silva ORRF, Lamas FM, Ferreira ACB, Medeiros JC (2007) Destruição de Soqueira no Algodoeiro. In: Freire EC. Algodão - No Cerrado do Brasil. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, p.918.

Silva FAS & Azevedo CAV (2009) Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: World Congress on Computers in Agriculture, Reno. Anais, ASABE. p.1-5.

Vianello RL & Alves AR (2004) Meteorologia básica e aplicações. 1ª ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 449p.

## QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PARA DESSECAÇÃO QUÍMICA DA SOQUEIRA DO ALGODOEIRO

[Revista Brasileira de Ciência do Solo]

### Resumo

A aplicação de produtos químicos para destruição da soqueira do algodão pode interferir na comunidade microbiana do solo, dentre as possíveis alternativas para mensurar o impacto ambiental dos herbicidas destaca-se o uso de indicadores de qualidade biológica. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de herbicidas na respiração basal, biomassa microbiana e quociente metabólico do solo após o manejo mecânico e químico da soqueira do algodoeiro. O delineamento experimental realizado em blocos casualizados, no esquema fatorial  $2 \times 7 \times 2$ , com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas doses de 2,4-D ( $670$  e  $1324 \text{ g ha}^{-1}$ ), isoladas ou associadas aos herbicidas carfentrazone ( $30 \text{ g ha}^{-1}$ ), chlorimuron ( $0,32 \text{ g ha}^{-1}$ ), flumiclorac ( $60 \text{ g ha}^{-1}$ ), imazethapyr ( $80 \text{ g ha}^{-1}$ ), flumioxazin ( $25 \text{ g ha}^{-1}$ ) e um tratamento sem produto químico, em duas épocas de aplicação. Na primeira época a aplicação foi realizada imediatamente após a roçada mecânica (0 DARM) e na segunda época uma aplicação 0 DARM e outra aos 25 DARM. A aplicação dos herbicidas foi realizada  $0,50 \text{ m}$  acima da superfície e as amostras de solo coletadas 14 dias após a aplicação dos herbicidas. Pode-se verificar que o herbicida flumiclorac associado ao 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) proporcionou maior valor de  $q\text{CO}_2$  quando aplicado duas vezes. O tratamento com flumioxazin + 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) foi o que menos interferiu na microbiota do solo, apresentando baixo valor de  $q\text{CO}_2$ .

**Palavras-chave:** respiração basal. biomassa microbiana. quociente metabólico.

## MICROBIOLOGICAL QUALITY OF SOIL AFTER HERBICIDE APPLICATION FOR CHEMICAL DRYING OF COTTON PLANT RATOON

### **Abstract**

The application of chemicals for the destruction of cotton ratoon may interfere with the microbial community of soil, among the possible alternatives to measure the environmental impact of herbicides we highlight the use of biological quality indicators. Thus, this study aimed to evaluate the effects of herbicides application in basal respiration, microbial biomass and metabolic quotient of soil after mechanical and chemical management of cotton ratoon. The experiment design was conducted in randomized blocks in a factorial 2x7x2, with four replications. The treatments were a combination of two doses of 2,4-D (670 and 1324 g ha<sup>-1</sup>), isolated or associated with carfentrazone herbicides (30 g ha<sup>-1</sup>), chlorimuron (0.32 g ha<sup>-1</sup>) flumiclorac (60 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (80 g ha<sup>-1</sup>), flumioxazin (25 g ha<sup>-1</sup>) and a treatment without chemical in two application periods. The first time the application was held immediately after mechanical mowing (0 DAMM) and the second time an application 0 DAMM and another to 25 DAMM. Herbicide application was made 0.50 m above the surface and the soil samples collected 14 days after herbicide application. We could verify that the flumiclorac herbicide associated with 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) provided greater  $qCO_2$  value when applied twice. Treatment with flumioxazin + 2,4-D (670 g ha<sup>-1</sup>) was the least to interfere with the soil microbiota, with low  $qCO_2$  value.

**Keywords:** basal respiration. microbial biomass. metabolic quotient.

### **INTRODUÇÃO**

O cerrado brasileiro é a principal região produtora de algodão do Brasil, e o estado do Mato Grosso responsável por 58,9 % da área cultivada na safra 2014/15, com uma produtividade média de 4095 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2016). Apesar do Estado ter uma participação expressiva na produção de algodão, os produtores têm encontrado dificuldades no cultivo devido os danos ocasionados pela principal praga da cultura, o bicudo do algodoeiro. Diferente de outras culturas agrícolas, as plantas de algodão continuam investindo no vegetativo e reprodutivo mesmo após a colheita. A

manutenção das plantas no campo de cultivo permite que produzam novas floradas e sirvam de hospedeiras de pragas e doenças (Embrapa, 2015). Desta forma, a destruição da soqueira do algodoeiro é uma prática obrigatória desde dezembro de 2006 (Brasil, 2008).

A roçada mecânica seguida pela aplicação de produtos químicos tem sido amplamente utilizada na destruição de soqueira pelos produtores do Mato Grosso. Entretanto, o uso de produtos químicos pode afetar a qualidade do solo (Reis *et al.*, 2008). A qualidade relaciona-se às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, essenciais para manter a produtividade agrícola durante longo período, com o mínimo de impacto possível (Tótola e Chaer, 2002).

Algumas propriedades biológicas do solo, como as de natureza microbiológica, são propostas como as mais sensíveis às mudanças quando os solos são submetidos a diferentes tipos de manejo e, portanto, consideradas mais adequadas para indicar a qualidade do solo (Pankhurst *et al.*, 1997; Tótola e Chaer, 2002). De acordo com Silva *et al.* (2014), indicadores como o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) são ferramentas que auxiliam avaliar os efeitos que a aplicação de herbicidas causam nos microrganismos do solo.

A RBS, avaliada através da liberação de  $CO_2$ , é a principal medida para verificar a atividade microbiana do solo (Alef, 1995), pois a quantidade de  $CO_2$  liberada é um indicativo do carbono lábil ou prontamente metabolizável do solo (Doran e Parkin, 1994). Portanto, a respiração do solo é um atributo usado para monitorar a decomposição da matéria orgânica, considerada importante indicador da atividade microbiana do solo (Anderson e Domsch, 1993).

A biomassa microbiana do solo (BMS) compreende a parte viva da matéria orgânica, excluindo organismos maiores do que  $5 \times 10^{-3} \mu m^3$  e as raízes (Cerri *et al.*, 1992). Cerca de 90 % da biomassa do solo é composta por bactérias e fungos (Brandão, 1992). A BMS está envolvida no processo de degradação da matéria orgânica, na transformação e disponibilidade dos nutrientes e degradação de produtos químicos no solo (Angers *et al.*, 1993; Moorman, 1994).

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) é a RBS por unidade de BMS. O  $qCO_2$  pode ser considerado o indicador mais adequado para auxiliar a avaliação do efeito das condições de estresse sobre a atividade da BMS (Anderson e Domsch, 1993), pois

sob estresse a BMS apresenta  $q\text{CO}_2$  e RBS mais altos, indicando maior consumo de energia.

O efeito da aplicação de herbicidas sobre a microbiota do solo deve ser quantificado visando conhecer os possíveis impactos que podem trazer para a sustentabilidade produtiva dos solos. Assim, o presente estudo objetivou avaliar o impacto da aplicação de combinações de herbicidas em diferentes épocas na destruição de soqueira do algodoeiro sobre a qualidade microbiológica do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de campo, após a colheita do algodoeiro em propriedade localizada no município de Campo Novo do Parecis – MT, durante a segunda safra do ano agrícola de 2013/14. O local apresenta as coordenadas geográficas 13°31'35" S; 57°48'37" O e 511 m de altitude. Segundo preceitos de Köppen, referidos por Vianello e Alves (2004), o clima da região é o tropical úmido megatérmico ( $A_w$ ), com temperaturas elevadas, chuvas no verão e inverno seco.

O solo da área, classificado pela metodologia da Embrapa (2013) como Latossolo Vermelho distrófico com textura franco argila arenosa (33,4 % de argila, 53,0 % de areia e 13,6 % de silte), apresentou as seguintes características químicas: pH em água 6,1; matéria orgânica 10,3 g kg<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> 3,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P 17,4 mg dm<sup>-3</sup>; e K<sup>+</sup> 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x7x2, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por 6 linhas espaçadas em 0,80 m por 6,0 m comprimento, considerando como área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades.

Os tratamentos experimentais foram constituídos pela combinação de duas doses de 2,4-D (670 e 1324 g ha<sup>-1</sup>), isolado ou associado aos herbicidas carfentrazone (30 g ha<sup>-1</sup>), chlorimuron (0,32 g ha<sup>-1</sup>), flumiclorac (60 g ha<sup>-1</sup>), imazethapyr (80 g ha<sup>-1</sup>), flumioxazin (25 g ha<sup>-1</sup>), um tratamento sem aplicação e duas épocas de aplicação. A primeira época de aplicação foi realizada imediatamente após a roçada mecânica (0 DARM), sobre as hastes das plantas recém-decepadas. E a segunda época com uma aplicação 0 DARM e outra aos 25 DARM.

A aplicação dos herbicidas foi realizada 0,50 m acima da superfície, após a roçada mecânica com auxílio de um desfragmentador tipo triton, utilizando pulverização costal pressurizado com gás carbônico (CO<sub>2</sub>), equipado com barra de 1,5 m de largura, com 4 bicos tipo jato plano modelo AXI 100 015, operando com pressão de 3 bar e 150 L ha<sup>-1</sup> de volume de calda. O óleo mineral (428 g L<sup>-1</sup>) foi adicionado em todas as caldas como adjuvante, na dose de 0,5 L para cada 100 L de água. Antes da aplicação de cada ingrediente ativo foi realizada a limpeza do pulverizador com uma mistura de surfactantes e reagentes formulados para remover resíduos químicos.

As coletas do solo foram realizadas 14 dias após a aplicação dos herbicidas, com auxílio de enxadão, e em cada parcela três subamostras de solo, da camada de 0,0-0,10 m, nas entrelinhas da cultura. As subamostras foram homogeneizadas, armazenadas em saco plástico, originando uma amostra composta com aproximadamente 300 g de solo, seguindo a metodologia de D'Andrea *et al.* (2002).

No campo, as amostras foram mantidas em caixas térmicas de isopor com gelo até o transporte para Laboratório de Solos, onde foram peneiradas (2 mm) e mantidas sob refrigeração até serem analisadas. As análises foram realizadas seguindo os procedimentos propostos por Silva *et al.* (2007a), e a determinação da RBS e do CBM do solo seguiram as recomendações de Silva *et al.* (2007b). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (mg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> BMS-C h<sup>-1</sup>), por sua vez estimado pela razão entre a RBS e o CBM (Silva *et al.*, 2007a), seguindo a equação 1:

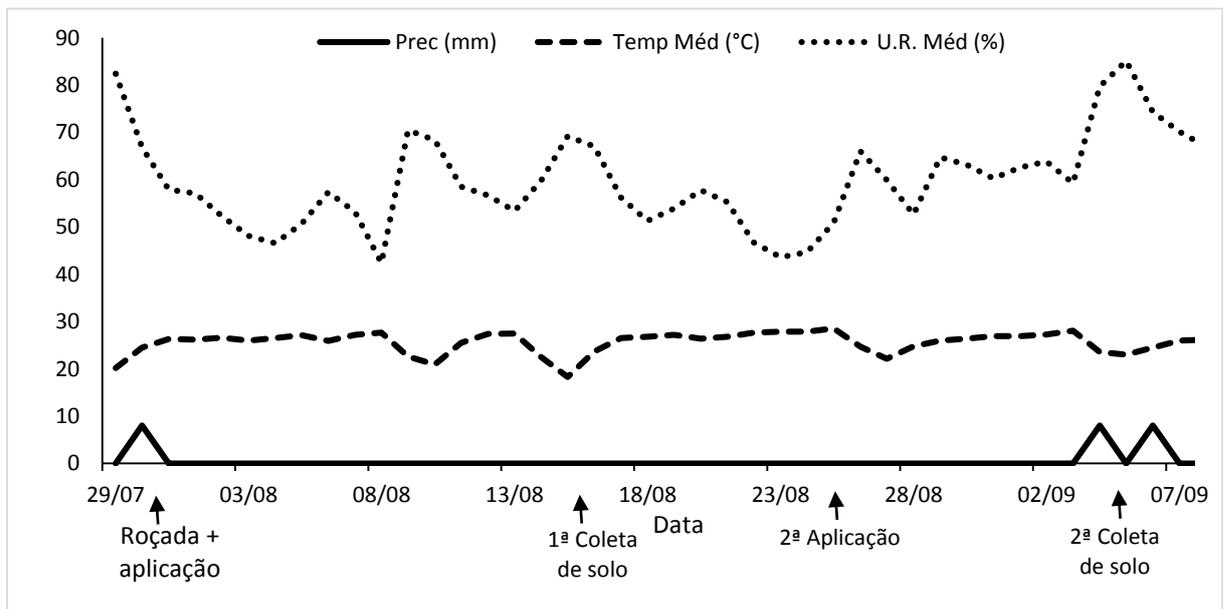
$$qCO_2 \text{ (mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{\text{RBS (mgC-CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ solo} \cdot \text{h}^{-1})}{\text{BMS-C (mgC} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ solo)} \cdot 10^{-3}} \quad \text{Eq. 1}$$

Durante o período de condução do experimento, os dados de precipitação foram coletados na área experimental com auxílio de pluviômetro e a temperatura e umidade relativa obtidos no banco de dados do INMET (2015), que estão apresentados na Figura 1.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação entre as médias realizadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (p<0,05), utilizando o *software* ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar ocorridas durante a condução da pesquisa, onde se destaca a baixa pluviosidade do solo nos tratamentos instalados 0 DARM. Apresenta também o acúmulo de pluviosidade durante a coleta de solo dos tratamentos com duas aplicações, uma 0 DARM e a outra aos 25 DARM.



**Figura 1.** Valores diários de precipitação (mm), temperatura média do ar (°C), e umidade relativa média (%). Campo Novo do Parecis (MT), Brasil, 2014.

Segundo Assis Júnior *et al.* (2003), a precipitação afeta diretamente a umidade e a temperatura do solo que têm influência na atividade da microbiota do solo. Os referidos autores verificaram relações lineares entre o potencial de água no solo e a atividade da microbiota.

### Respiração basal do solo

Ao avaliar o comportamento da RBS nos diferentes tratamentos com herbicidas, em função da época de aplicação e dose de 2,4-D (Tabela 1), verifica-se uma diferença significativa apenas no tratamento com 2,4-D + carfentrazone na

aplicação 0 DARM e aos 25 dias ARM, onde a RBS reduziu ao utilizar 2,4-D na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> proporcionando 0,076 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>, enquanto que na da dose de 670 g ha<sup>-1</sup> o valor de RBS foi de 0,486 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup>.

Eventualmente o efeito dos herbicidas no solo pode se dar pela inibição da atividade microbiana do solo e conseqüentemente reduz a respiração basal, fato também verificado por Zilli *et al.* (2008). Segundo Shaw e Burns (2004), o 2,4-D pode manifestar seu efeito sobre a biota do solo através do surgimento e do desaparecimento de algumas espécies de bactérias, o que pode ter contribuído para reduzir a RBS.

**Tabela 1.** Desdobramento da interação significativa entre tratamentos, época de aplicação e dose de 2,4-D, na respiração basal do solo. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)        | 0 DARM   |         | 0 DARM e aos 25 dias ARM |         |
|-----------------------|--|---------|--------------------------|---------|
|                       | Dose g ha <sup>-1</sup>                                    |         |                          |         |
|                       | 670  | 1324    | 670                      | 1324    |
|                       | mg C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup> |         |                          |         |
| 2,4-D isolado         | 0,040 a  | 0,049 a | 0,441 a                  | 0,358 a |
| 2,4-D + carfentrazone | 0,046 a  | 0,039 a | 0,486 a                  | 0,076 b |
| 2,4-D + chlorimuron   | 0,060 a  | 0,049 a | 0,442 a                  | 0,258 a |
| 2,4-D + flumiclorac   | 0,098 a  | 0,064 a | 0,516 a                  | 0,386 a |
| 2,4-D + imazethapyr   | 0,038 a  | 0,108 a | 0,414 a                  | 0,200 a |
| 2,4-D + flumioxazin   | 0,058 a  | 0,049 a | 0,171 a                  | 0,114 a |
| Sem aplicação         | 0,040 a  | 0,040 a | 0,115 a                  | 0,115 a |

DMS Tukey (5 %) D (T x E) = 0,189

CV (%) = 12,21

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada época de aplicação e entre doses de 2,4-D não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Na Tabela 2 estão apresentadas as diferenças entre as épocas de aplicação para os diversos tratamentos com herbicidas nas doses de 2,4-D. Ao utilizar a dose de 670 g ha<sup>-1</sup>, ocorreu diferença significativa entre as épocas de aplicação para os tratamentos com 2,4-D isolado e associado a carfentrazone, chlorimuron, flumiclorac

e imazethapyr. Os maiores valores de RBS foram encontrados nos tratamentos com duas aplicações, 0 DARM e aos 25 DARM. Moreno *et al.* (2007) observaram que os solos tratados com o herbicida atrazine apresentaram maiores taxas respiratórias em relação ao tratamento sem aplicação, indicando uma possível metabolização do herbicida pela biota do solo.

Ao utilizar a dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>, houve diferença significativa entre as épocas nos tratamentos com 2,4-D isolado e associado a chlorimuron ou flumiclorac, e os maiores valores de RBS encontrados quando realizadas duas aplicações, 0 DARM e aos 25 DARM.

**Tabela 2.** Desdobramento da interação significativa entre tratamentos, dose de 2,4-D e época de aplicação, na respiração basal do solo (RBS). Campo Novo do Parecis-MT, 2015.

| Tratamento (T)                    | 2,4-D (670 g ha <sup>-1</sup> )                            |                      | 2,4-D (1324 g ha <sup>-1</sup> ) |                      |
|-----------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|----------------------|
|                                   | 0 DARM   | 0 DARM e aos 25 DARM | 0 DARM                           | 0 DARM e aos 25 DARM |
|                                   | mg C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo h <sup>-1</sup> |                      |                                  |                      |
| 2,4-D isolado                     | 0,040 b  | 0,441 a              | 0,049 b                          | 0,358 a              |
| 2,4-D + carfentrazone             | 0,046 b  | 0,486 a              | 0,039 a                          | 0,076 a              |
| 2,4-D + chlorimuron               | 0,060 b  | 0,442 a              | 0,049 b                          | 0,258 a              |
| 2,4-D + flumiclorac               | 0,097 b  | 0,516 a              | 0,064 b                          | 0,386 a              |
| 2,4-D + imazethapyr               | 0,038 b  | 0,414 a              | 0,108 a                          | 0,200 a              |
| 2,4-D + flumioxazin               | 0,058 a  | 0,171 a              | 0,049 a                          | 0,114 a              |
| Sem aplicação                     | 0,040 a  | 0,115 a              | 0,040 a                          | 0,115 a              |
| DMS Tukey (5 %) E (T x D) = 0,189 |  |                      |                                  |                      |
| CV (%) = 12,21                    |  |                      |                                  |                      |

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada dose de 2,4-D e entre as épocas de aplicação, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Segundo Passianoto *et al.* (2001), que avaliaram o comportamento da atividade microbiana do solo diante de aplicações de resíduos com contaminantes químicos, a respiração basal é maior em solos contaminados em consequência do maior consumo de energia pelos microrganismos, como forma de garantir a sobrevivência, o que explica os dados encontrados, pois, quando expostos às duas

aplicações, a atividade microbiana aumentou, chegando a uma RBS de 0,516 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo h<sup>-1</sup> no tratamento com o herbicida flumiclorac associado ao 2,4-D na dose de 670 g ha<sup>-1</sup> a 0 DARM e aos 25 DARM (Tabela 2).

Outra explicação para os maiores resultados nos tratamentos onde realizou-se aplicação 0 DARM e aos 25 DARM, é a exposição a uma maior precipitação (Figura 1). De acordo com Espindola *et al.* (2001), a RBS é bastante influenciada pela temperatura ambiente e a taxa de precipitação pluviométrica, mostrando-se intimamente associada ao teor de umidade do solo. Silva *et al.* (2012) também verificaram um comportamento diferente em relação aos valores RBS, maiores durante o período de maior umidade no solo, e menores no período de seca.

### **C- Biomassa microbiana do solo**

Ao avaliar o C-BMS pode-se verificar no desdobramento entre tratamentos doses de 2,4-D e épocas de aplicação (Tabela 3) que houve diferença entre os tratamentos aplicados 0 DARM, quando utilizada a dose de 1324 g ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos com 2,4-D isolado ou associado a flumioxazin apresentaram os maiores valores de C-BMS.

Souza *et al.* (1996) verificaram que a partir do sexto dia de incubação a atividade microbiana do solo foi estimulada pela presença do 2,4-D, e passou a atuar como fonte de carbono para o crescimento dos microrganismos. A presença do herbicida 2,4-D no ecossistema natural do solo pode estimular a proliferação da flora microbiana, incrementando a taxa de decomposição.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação significativa entre tratamentos, dose de 2,4-D e época de aplicação, no carbono da biomassa microbiana do solo. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)                     | 2,4-D (670 g ha <sup>-1</sup> ) |                         | 2,4-D (1324 g ha <sup>-1</sup> ) |                         |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                                    | 0 DARM                          | 0 DARM e aos<br>25 DARM | 0 DARM                           | 0 DARM e<br>aos 25 DARM |
|                                    | mg Cmic kg <sup>-1</sup> solo   |                         |                                  |                         |
| 2,4-D isolado                      | 33,60 d                         | 116,69 a                | 329,79 a                         | 23,66 a                 |
| 2,4-D + carfentrazone              | 97,81 abcd                      | 28,20 a                 | 87,21 c                          | 42,46 a                 |
| 2,4-D + chlorimuron                | 168,58 ab                       | 48,40 a                 | 42,61 c                          | 56,88 a                 |
| 2,4-D + flumiclorac                | 69,26 bcd                       | 15,42 a                 | 73,40 c                          | 72,44 a                 |
| 2,4-D + imazethapyr                | 141,45 abc                      | 23,29 a                 | 189,94 b                         | 53,05 a                 |
| 2,4-D + flumioxazin                | 48,67 cd                        | 42,54 a                 | 347,40 a                         | 76,74 a                 |
| Sem aplicação                      | 182,59 a                        | 43,53 a                 | 182,59 b                         | 43,53 a                 |
| DMS Tukey (5 %) T (D X E) = 101,46 |                                 |                         |                                  |                         |
| CV (%) = 8,69                      |                                 |                         |                                  |                         |

Obs. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si em cada coluna, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Foi verificada diferença entre as doses de 2,4-D após 0 DARM (Tabela 4). Nos tratamentos 2,4-D isolado e 2,4-D + flumioxazin utilizando a maior dose de 2,4-D (1324 g ha<sup>-1</sup>), o C-BMS foi superior, e o inverso foi verificado no tratamento 2,4-D + chlorimuron, onde na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D, obteve maior média a 0 DARM.

Na coleta após a aplicação 0 DARM e aos 25 DARM somente no tratamento 2,4-D isolado foi verificado diferença entre as doses, a menor dose apresentou maior valor de C-CBM. Este comportamento demonstra que o resultado do C-BMS depende do produto que está sendo utilizado e também da dose aplicada.

O efeito negativo do herbicida sobre a biomassa dos microrganismos pode ser o resultado ocasionado pela intoxicação do princípio ativo sobre seu metabolismo e, ou, efeito dos constituintes do produto comercial (Oliveira *et al.*, 2009). Tirone *et al.* (2009), ao avaliarem o efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo, observaram que o herbicida ametryn influenciou negativamente a biomassa microbiana com reduções elevadas nas maiores doses testadas em função do

mecanismo de ação e dos componentes inertes presentes na formulação comercial do produto.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação significativa entre tratamento, época de aplicação e dose de 2,4-D, no carbono da biomassa microbiana do solo. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)                    | 0 DARM                           |          | 0 DARM e aos 25 DARM |         |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------|----------------------|---------|
|                                   | Dose 2,4-D (g ha <sup>-1</sup> ) |          |                      |         |
|                                   | 670                              | 1324     | 670                  | 1324    |
| mg Cmic kg <sup>-1</sup> solo     |                                  |          |                      |         |
| 2,4-D isolado                     | 33,60 b                          | 329,79 a | 116,69 a             | 23,66 b |
| 2,4-D + carfentrazone             | 97,81 a                          | 87,21 a  | 28,00 a              | 42,47 a |
| 2,4-D + chlorimuron               | 168,58 a                         | 42,62 b  | 48,40 a              | 56,88 a |
| 2,4-D + flumiclorac               | 69,26 a                          | 73,40 a  | 15,42 a              | 72,45 a |
| 2,4-D + imazethapyr               | 141,45 a                         | 189,94 a | 23,29 a              | 53,05 a |
| 2,4-D + flumioxazin               | 48,67 b                          | 347,41 a | 42,55 a              | 76,75 a |
| Sem aplicação                     | 182,59 a                         | 182,59 a | 43,53 a              | 43,53 a |
| DMS Tukey (5 %) D (T x E) = 69,29 |                                  |          |                      |         |
| CV (%) = 8,69                     |                                  |          |                      |         |

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada época de aplicação e entre doses de 2,4-D não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5 pode-se verificar que ao utilizar 670 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D os tratamentos diferiram entre as épocas. O tratamento com 2,4-D isolado apresentou menor C-BMS quando aplicado 0 DARM, já os tratamentos com 2,4-D + carfentrazone, 2,4-D + chlorimuron e o tratamento sem aplicação evidenciaram menor C-BMS quando realizada a coleta na segunda época (0 DARM e aos 25 DARM).

Ao utilizar a dose 1324 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D ocorreu diferença significativa entre as épocas de aplicação para os tratamentos 2,4-D isolado, 2,4-D + imazethapyr, 2,4-D + flumioxazin e sem aplicação, e os maiores valores de C-BMS na coleta 0 DARM. Bohm *et al.* (2011), ao realizar duas aplicações de glyphosate, também verificaram que os valores do C-BMS reduziram em comparação a uma única aplicação do herbicida.

A aplicação de produtos químicos pode ocasionar benefícios ou prejuízos à microbiota do solo dependendo da composição da molécula e da sua persistência (Leite e Araújo, 2007). De acordo com Souza *et al.* (1996) a presença do herbicida 2,4-D no ecossistema natural do solo pode estimular a proliferação da flora microbiana, incrementando sua taxa de decomposição. Duah-Yentumi e Kuwatsuka (1982) verificaram que os microrganismos degradaram rapidamente o herbicida 2,4-D, e que fatores como concentração contribuíram para a rápida degradação.

**Tabela 5.** Desdobramento da interação significativa entre tratamento, dose de 2,4-D e época de aplicação, no carbono da biomassa microbiana do solo. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)                    | Dose 670 g ha <sup>-1</sup> |                         | Dose 1324 g ha <sup>-1</sup> |                         |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                                   | 0 DARM                      | 0 DARM e aos<br>25 DARM | 0 DARM                       | 0 DARM e<br>aos 25 DARM |
| mg Cmic kg <sup>-1</sup> solo     |                             |                         |                              |                         |
| 2,4-D isolado                     | 33,60 b                     | 116,69 a                | 329,79 a                     | 23,66 b                 |
| 2,4-D + carfentrazone             | 97,81 a                     | 28,00 b                 | 87,21 a                      | 42,46 a                 |
| 2,4-D + chlorimuron               | 168,58 a                    | 48,41 b                 | 42,61 a                      | 56,88 a                 |
| 2,4-D + flumiclorac               | 69,26 a                     | 15,42 a                 | 73,40 a                      | 72,44 a                 |
| 2,4-D + imazethapyr               | 141,42 a                    | 23,29 a                 | 189,94 a                     | 53,05 b                 |
| 2,4-D + flumioxazin               | 48,67 a                     | 42,55 a                 | 347,41 a                     | 76,74 b                 |
| Sem aplicação                     | 182,59 a                    | 43,53 b                 | 182,59 a                     | 43,53 b                 |
| DMS Tukey (5 %) D (T X E) = 69,29 |                             |                         |                              |                         |
| CV (%) = 8,69                     |                             |                         |                              |                         |

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada dose de 2,4-D e entre as épocas de aplicação, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

### Quociente metabólico

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos em relação ao  $qCO_2$  na coleta 0 DARM e aos 25 DARM, independentemente da dose de 2,4-D utilizada (Tabela 6). Com a dose de 670 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D o maior  $qCO_2$  foi verificado no tratamento 2,4-D + flumiclorac e na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D o maior  $qCO_2$  também foi verificado no tratamento 2,4-D isolado. Estes resultados reforçam que a

atividade microbiana pode ser influenciada pela umidade do solo, no momento da coleta, bem como pelo herbicida ou combinação de herbicidas utilizados na aplicação.

Reis *et al.* (2008) ao estudar a atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar, após aplicação de herbicidas, verificou que o tratamento com o herbicida 2,4-D (871 g ha<sup>-1</sup>) foi um dos que menos prejudicou à microbiota do solo.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação significativa entre tratamento, dose de 2,4-D e época de aplicação, no quociente metabólico. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)   | Dose 670 g ha <sup>-1</sup> |                 | Dose 1324 g ha <sup>-1</sup> |                 |
|--|-----------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
|  | 0                           | 0 DARM e aos 25 | 0 DARM                       | 0 DARM e aos 25 |
|  | DARM                        | DARM            | DARM                         |                 |
| mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> BMS-C h <sup>-1</sup> |                             |                 |                              |                 |
| 2,4-D isolado  | 1,21 a                      | 4,13 c          | 0,22 a                       | 20,89 a         |
| 2,4-D + carfentrazone                                      | 0,87 a                      | 24,03 b         | 0,35 a                       | 2,28 b          |
| 2,4-D + chlorimuron  | 0,36 a                      | 7,11 c          | 0,62 a                       | 4,16 b          |
| 2,4-D + flumiclorac  | 1,06 a                      | 61,26 a         | 7,94 a                       | 5,52 b          |
| 2,4-D + imazethapyr  | 0,33 a                      | 4,80 c          | 0,29 a                       | 4,44 b          |
| 2,4-D + flumioxazin  | 0,44 a                      | 4,69 c          | 0,16 a                       | 2,23 b          |
| Sem aplicação  | 0,56 a                      | 2,67 c          | 0,56 a                       | 2,67 b          |
| DMS Tukey (5 %) T (D X E) = 1,30                           |                             |                 |                              |                 |
| CV(%) = 6,78   |                             |                 |                              |                 |

Obs. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si em cada coluna, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Segundo Anderson e Domsch (1993) o  $qCO_2$  é um indicador de equilíbrio do sistema, quanto menos energia utilizar para manutenção da célula microbiana, mais próximo do equilíbrio e, quanto maior atividade específica necessita, mais distante do equilíbrio. Desta forma, os valores elevados de  $qCO_2$  indicam que está ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção da comunidade microbiana, ou seja, em razão da condição de estresse, os microrganismos têm que consumir mais substrato para sua sobrevivência (Gomide *et al.*, 2011). Entretanto, com maior gasto energético há diminuição na eficiência em incorporar C na célula microbiana (Santos *et al.*, 2005).

Na Tabela 7 encontram-se os resultados do desdobramento entre dose de 2,4-D, tratamentos e épocas de aplicação, onde uma aplicação 0 DARM no tratamento com 2,4-D + flumiclorac proporcionou diferença significativa no  $q\text{CO}_2$  entre as diferentes doses de 2,4-D utilizadas, possibilitando um maior valor de  $q\text{CO}_2$  na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D.

**Tabela 7.** Desdobramento da interação significativa entre tratamento, época de aplicação e dose de 2,4-D, no quociente metabólico. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)                   | 0 DARM   |        | 0 DARM e aos 25 DARM |         |
|----------------------------------|--|--------|----------------------|---------|
|                                  | Dose (g ha <sup>-1</sup> )                                 |        |                      |         |
|                                  | 670  | 1324   | 670                  | 1324    |
|                                  | mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> BMS-C h <sup>-1</sup> |        |                      |         |
| 2,4-D isolado                    | 1,21 a   | 0,22 a | 4,13 b               | 20,89 a |
| 2,4-D + carfentrazone            | 0,87 a   | 0,35 a | 24,03 a              | 2,28 b  |
| 2,4-D + chlorimuron              | 0,36 a   | 0,62 a | 7,11 a               | 4,16 a  |
| 2,4-D + flumiclorac              | 1,06 b   | 7,94 a | 61,26 a              | 5,52 b  |
| 2,4-D + imazethapyr              | 0,33 a   | 0,29 a | 4,80 a               | 4,44 a  |
| 2,4-D + flumioxazin              | 0,44 a   | 0,16 a | 4,69 a               | 2,23 a  |
| Sem aplicação                    | 0,56 a   | 0,56 a | 2,67 a               | 2,67 a  |
| DMS Tukey (5 %) D (T x E) = 3,66 |  |        |                      |         |
| CV (%) = 6,78                    |  |        |                      |         |

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada época de aplicação e entre doses de 2,4-D não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Com duas aplicações, 0 DARM e aos 25 DARM, houve diferença significativa entre os tratamentos, ao utilizar 2,4-D isolado na dose de 1324 g ha<sup>-1</sup> o valor de  $q\text{CO}_2$  proporcionado foi de 20,89 mg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> BMS-C h<sup>-1</sup> enquanto que na dose de 670 g ha<sup>-1</sup> foi de 4,13 mg C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> BMS-C h<sup>-1</sup>. Para os tratamentos com 2,4-D + carfentrazone e 2,4-D + flumiclorac, os maiores valores de  $q\text{CO}_2$  foram obtidos com a menor dose de 670 g ha<sup>-1</sup> de 2,4-D. Entretanto, resultado diferente foi observado por Santos *et al.* (2005), ao estudarem a atividade microbiana do solo após aplicação de

herbicidas, verificaram que elevando as concentrações do herbicida fomesafen, o  $q\text{CO}_2$  aumentou linearmente.

Ao utilizar a dose de  $670 \text{ g ha}^{-1}$  (Tabela 8), ocorreu diferença significativa entre os tratamentos com 2,4-D + carfentrazone, 2,4-D + chlorimuron, 2,4-D + flumiclorac, 2,4-D + imazethapyr, e 2,4-D + flumioxazin, sendo que ao realizar duas aplicações 0 DARM e aos 25 DARM, os resultados de  $q\text{CO}_2$  foram maiores. Para a dose de  $1324 \text{ g ha}^{-1}$  houve diferença significativa nos tratamentos com 2,4-D isolado e 2,4-D + imazethapyr, que proporcionaram  $q\text{CO}_2$  maior quando realizadas duas aplicações (0 DARM e aos 25 DARM).

**Tabela 8.** Desdobramento da interação significativa entre tratamento, dose de 2,4-D e época de aplicação, no quociente metabólico. Campo Novo do Parecis-MT, 2014.

| Tratamento (T)        | Dose $670 \text{ g ha}^{-1}$                               |                         | Dose $1324 \text{ g ha}^{-1}$ |                         |
|-----------------------|--|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|                       | 0 DARM   | 0 DARM e aos<br>25 DARM | 0 DARM                        | 0 DARM e aos<br>25 DARM |
|                       | mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> BMS-C h <sup>-1</sup> |                         |                               |                         |
| 2,4-D isolado         | 1,21 a   | 4,13 a                  | 0,22 b                        | 20,89 a                 |
| 2,4-D + carfentrazone | 0,87 b   | 24,03 a                 | 0,35 a                        | 2,28 a                  |
| 2,4-D + chlorimuron   | 0,36 b   | 7,11 a                  | 0,62 a                        | 4,16 a                  |
| 2,4-D + flumiclorac   | 1,06 b   | 61,26 a                 | 7,94 a                        | 5,52 a                  |
| 2,4-D + imazethapyr   | 0,33 b   | 4,80 a                  | 0,29 b                        | 4,44 a                  |
| 2,4-D + flumioxazin   | 0,44 b   | 4,69 a                  | 0,16 a                        | 2,23 a                  |
| Sem aplicação         | 0,56 a   | 2,67 a                  | 0,56 a                        | 2,67 a                  |

DMS Tukey (5 %) E (T X D) = 3,66

CV (%) = 6,78

Obs. Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada dose de 2,4-D e entre as épocas de aplicação, não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Ao comparar os resultados desse trabalho com a pesquisa em solo de cerrado nativo de D'Andréa *et al.* (2002) percebe-se que encontraram o valor de  $0,0000000096 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}^{-1}$ , enquanto Ramos *et al.* (2011) observaram o valor de  $0,0000000024 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}^{-1}$ . Esses dados mostram que os valores observados no cerrado nativo estão abaixo dos encontrados nos tratamentos com herbicidas e também no tratamento sem aplicação de produto químico, demonstrando

que o local de estudo se encontra bastante impactado, pois é cultivado há mais de 20 anos.

De modo geral, os tratamentos que apresentaram maior  $q\text{CO}_2$  em relação a testemunha tiveram duas aplicações (0 DARM e aos 25 DARM), associadas à menor dose de 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ). Segundo Bohm *et al.* (2011), sabe-se que fatores de estresse como herbicidas, metais pesados, pH, limitações de nutrientes, e fatores de perturbação como as condições ambientais induzem à ineficiência microbiana.

Dessa forma, ao considerar os dados da Figura 1, verifica-se que o acúmulo de precipitação foi maior nos tratamentos coletados na segunda época (0 DARM e aos 25 DARM). Esse fato contribui para explicar os maiores valores de  $q\text{CO}_2$  encontrados quando realizadas duas aplicações, pois Araújo Neto *et al.* (2014) registraram que no período de maior pluviosidade, o quociente metabólico manteve-se elevado. Os menores valores de  $q\text{CO}_2$  foram verificados no período de menor umidade do solo. Assim os autores explicam que o elevado  $q\text{CO}_2$  ocorre pela intensa atividade microbiana, em decorrência da manutenção da umidade do solo.

## CONCLUSÕES

Ao realizar duas aplicações de herbicidas (0 DARM e aos 25 DARM), os valores de  $q\text{CO}_2$  foram maiores, ocasionando elevado estresse na microbiota.

O herbicida flumiclorac associado ao 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) apresentou maior valor de  $q\text{CO}_2$  quando aplicado duas vezes, em razão da condição de estresse sofrido pelos microrganismos, com uma atividade decompositora maior, mais gasto energético, apresentando menor eficiência na incorporação de C na célula microbiana.

Nota-se que o tratamento com o herbicida flumioxazin associado a 2,4-D ( $670 \text{ g ha}^{-1}$ ) foi o que menos interferiu na microbiota do solo, apresentando baixo valor de  $q\text{CO}_2$ .

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

## REFERÊNCIAS

- Alef K, Nannipieri P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Londres: Academic Press; 1995.
- Anderson TH, Domsch KH. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganism in a dormant state. *Biol Fert Soils*. 1985;1:81-9.
- Anderson TH, Domsch KH. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $q\text{CO}_2$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *S Biol Biochem*. 1993; 25:393-5.
- Angers DA, N'davegamive A, Coté D. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. *Soil Sci*. 1993;57:512-6.
- Assis Júnior SL, Zanuncio JC, Kasuya MCM, Couto L, Melido RCN. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monocultura, mata natural e área desmatada. *R Árvore*. 2003; 27:35-41.
- Araújo Neto SE, Silva NA, Kusdra JF, Kolln FT, Andrade Neto RC. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. *R Ciênc Agron*. 2014; 45:650-58.
- Brandão EM. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: Cardoso EJBN, Tsai SM, Neves MCP, editores. *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.1-15.
- Brasil. Decreto nº 1.524, de 20 de agosto de 2008. Aprova o Regulamento da Defesa Sanitária Vegetal no Estado de Mato Grosso e dá outras providências [internet]. Mato Grosso, MT; 2008 [acesso em 11 de ago 2015]. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/7380906/pg-2-diario-oficial-do-estado-do-mato-grosso-doemt-de-20-08-2008>.
- Bohm GMB, Scheneider L, Castilhos D, Agostinetto D, Rombaldi CV. Controle de plantas daninhas, biomassa e metabolismo microbiano do solo em função da aplicação de glifosato ou imazetapir na cultura da soja. *Ci Agrár*. 2011; 32:919-30.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2016/Companhia Nacional de Abastecimento [internet]. Brasília, DF; 2016 [acesso em 23 jan 2016]. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_01\\_12\\_14\\_17\\_16\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf).
- Cerri CC, Andeu E, Eduardo BP. O ciclo do carbono no solo. In: Cardoso EJBN, Tsai SM, Neves MCP, editores. *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 1992. p.73-90.

D'Andréa AF, Silva MLN, Curi N, Siqueira JO, Carneiro MAC. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. R Bras Ci Solo. 2002; 26:913-23.

Doran JW, Parkin TB. Defining and assessing soil quality. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA, editores. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA; 1994. p.3-21.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Destruição de soqueiras de algodão [internet]. Salvador, BA; 2005 [acesso em 16 ago 2015]. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/311.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/311.pdf).

Duah-yentumi S, Kuwatsuka S. Microbial degradation of benthocarb, MCPA and 2,4-D herbicides in perfused soils amended with organic matter and chemical fertilizer. Soil Sci Plant Nutr. 1982. p.2819-26.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3rd ed. Rio de Janeiro: Embrapa; 2013.

Espindola JAA, Almeida DL, Guerra JGM, Silva EMR. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. Flor Amb. 2001; 8:104-13.

Gomide PHO, Silva MLN, Soares CRFS. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. R Bras Ci Solo. 2011; 35:567-77.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Dados meteorológicos [internet]. Brasília, DF ; 2015 [acesso em 14 set 2015]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=email/previsaoPorEmail>.

Leite LFC, Araújo ASF. Ecologia Microbiana do Solo (Série Documentos). Teresina, PI: Embrapa Meio Norte; 2007 [acesso em 11 de ago 2015]. Disponível em: [http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/documentos/2007/doc\\_164.pdf](http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/documentos/2007/doc_164.pdf).

Moorman TB. Pesticide degradation by soil microorganisms: environmental, ecological and management effects. In: Hatfield JL, Stewart BA, editor. Soil biology, Effects on soil quality. Boca Raton: CRC Press; 1994. p.121-69.

Moreno JL, Aliaga A, Navarro S, Hernandez T. Effects of atrazine on microbial activity in semiarid soil. Appl Soil Ecol. 2007; 35:120-7.

Oliveira TA, Santos JB, Camelo GN, Botelho RG, Lazari TM. Efeito da interação do nicosulfuron e chlorpyrifos sobre o banco de sementes e os atributos microbianos do solo. R Bras Ci Solo. 2009; 33:563-70.

Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR. Biological indicators of soil health. Boca Raton: CRC Press; 1997.

Passianoto CC, Castilhos DD, Castilhos RMV, Lima ACR, Lima CL. Atividade e biomassa microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. R Bras Agroci. 2001; 7:125-30.

Ramos FT, Nunes MCM, Campos DTS, Ramos DT, Maia JCS. Atributos físicos e microbiológicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico típico sob cerrado nativo e monocultivo de soja. R Bras Agroecol. 2011; 6:79-91.

Reis MR, Silva AA, Costa MD, Guimarães AA, Ferreira EA, Santos JB, Cecon PR. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. Planta Daninha. 2008; 26:323-31.

Santos JB, Jakelaitis A, Silva AA, Vivian R, Costa MD, Silva AF. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. Planta Daninha. 2005; 23:683-91.

Shaw LJ, Burns RG. Enhanced mineralization of [U-(14)C]2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil from the rhizosphere of *Trifolium pratense*. Appl Environ Microbiol. 2004; 70:4766-74.

Silva GS, Melo CAD, Fialho CMT, Santos LDT, Costa MD, Silva AA. Impacto de sulfentazona, isoxaflutol e oxyfluorfem sobre a microbiota de dois solos florestais. Bragantia. 2014; 73:292-9.

Silva CF, Pereira MG, Miguel DL, Feitora JCF, Loss A, Menezes CEG, Silva EMR. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). R Bras Ci Solo. 2012; 36:1680-9.

Silva EE, Azevedo, PHS, De-Polli H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ). Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2007a. (Comunicado técnico, 99).

Silva EE, Azevedo PHS, De-Polli H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C). Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2007b. (Comunicado técnico, 98).

Silva FAS, Azevedo CAV. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Computers in Agriculture [CD-ROM]; 22-24 June 2009. Reno. Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers; 2009. p.1-5.

Souza AP, Loures EG, Silva JF, Ruiz HÁ. Efeito do oxyfluorfen, 2,4-D e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdo de matéria orgânica. Planta Daninha. 1996; 14:55-64.

Vianello RL, Alves AR. Meteorologia básica e aplicações. UFV: Viçosa; 2004.

Tironi SP, Belo AF, Fialho CMT, Galon L, Ferreira EA, Silva AA, Costa MD, Barbosa MHP. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo. *Planta Daninha*, 2009;27: 995-1004.

Tótola MR, Chaer GM. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez VHA, Schaefer CEGR, Barros NF, Mello JWV, Costa LM, editores. *Tópicos em Ciência do Solo*. 1<sup>nd</sup> ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2002. p.195-276.

Zilli JE, Botelho GR, Neves MCP, Rumjanek NG. Efeito de glyphosate e imazaquin na comunidade bacteriana do rizoplano de soja (*Glycine max*) e em características microbiológicas do solo. *R Bras Ci Solo*. 2008; 32:633-42.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos estudos realizados, pode-se considerar a grande influência da precipitação na eficiência da destruição mecânica associada à química. Assim há necessidade de novos estudos para obter uma combinação que resulte em 100% de controle da soqueira do algodoeiro, de maneira que o produtor consiga dar continuidade ao sistema de semeadura direta.

Em relação a microbiota do solo, pode-se verificar que o solo do experimento já estava bastante impactado quando comparado à uma área de cerrado nativo. Entretanto algumas combinações devem ser selecionadas por evidenciarem menor interferência na microbiota.