



ACSA
AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMI-ÁRIDO ISSN 1808-6845
Artigo Científico

LIXIVIAÇÃO DE 2,4-D EM SOLO DE PASTAGEM NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jairo Rafael Machado Dias

Professor, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR/Doutorando em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas, Rolim de Moura/RO. E-mail: jairorafaelmdias@hotmail.com

Danielly Dubberstein

Eng. Agrônoma, Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Rolim de Moura/RO.
E-mail: dany_dubberstein@hotmail.com

Leonardo Barreto Tavella

Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, Mossoró/RN
E-mail: leo_tavella@hotmail.com

Elvino Ferreira

Professor, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Rolim de Moura/RO
E-mail: elvinoferreira@yahoo.com.br

Rosalvo Stachiw

Professor, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Rolim de Moura/RO
E-mail: stachiw@yahoo.com.br

RESUMO – Objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de lixiviação do herbicida 2,4-D sob doses crescentes em solo de pastagem na Amazônia ocidental. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e três repetições. As doses de 2,4-D aplicadas foram de 0, 806, 1.612 e 2.418 g ha⁻¹ avaliadas em duas profundidades de percolação no solo (0-30 cm e 30-60 cm), utilizando-se o pepino (*Cucumis sativus* L.) como planta bioindicadora. Aos 30 dias após a emergência do pepino, avaliou-se: altura de plântulas, comprimento de raízes, matéria seca total, volume e matéria seca de raízes. Doses crescentes de 2,4-D não influenciaram no crescimento de plântulas de pepino, entretanto este herbicida apresentou lixiviação na camada de 0 a 30 cm do solo.

Palavras-chave: Comportamento no solo, herbicida, preocupação ambiental.

LEACHING OF THE 2,4-D IN OF PASTURE SOIL IN THE WESTERN AMAZON

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the leaching potential of 2,4-D herbicide from increasing rates in soil of pastures in western Amazonia. The experimental design was randomized blocks with eight treatments and three replications. Doses of 2,4-D was applied at 0, 806, 1.612 and 2.418 g ha⁻¹ evaluated at two depths of leaching ground (0-30 cm and 30-60 cm), using the cucumber (*Cucumis sativus* L.) as bioindicator species. At 30 days after emergence of cucumber seedlings was evaluated: height, root length, dry weight, volume and root dry matter. Increasing doses of 2,4-D did not influence the growth of cucumber seedlings, but this herbicide leaching presented in the layer 0-30 cm soil

Keywords: Behavior in soil, herbicide, environmental concern.

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem como característica marcante a grande disponibilidade de áreas de pastagens. Entretanto, grande parte destas áreas apresenta-se sob estágio avançado de degradação com alta infestação de plantas daninhas. Sendo assim, torna-se comum o uso indiscriminado de

herbicidas e, conseqüentemente por diversas vezes o manejo integrado destas espécies infestantes acaba sendo negligenciado.

Nas pastagens, o herbicida 2,4-D tem sido utilizado de forma desordenada, gerando grande preocupação ambiental, pois o solo é considerado reservatório final destes produtos e, somente após atingi-lo que ocorre o início dos processos

de redistribuição e degradação da molécula química, os quais podem ser extremamente curtos, a exemplo dos compostos simples e não persistentes, ou perdurar por meses ou anos, como ocorre com compostos altamente persistentes (FILIZOLA et al., 2002; VIEIRA et al., 1998). Resíduos destes agrotóxicos podem ser liberados ainda para atmosfera, lençol freático ou organismos vivos.

Estes compostos sintéticos quando presentes no solo podem sofrer vários processos, destacando-se os químicos, físicos e biológicos. Entretanto, o processo de transporte mais comum deste agrotóxico se dá por lixiviação ou percolação, que ocorre com o movimento descendente da água na matriz do solo (SILVA et al., 2007).

A movimentação de 2,4-D no perfil do solo ocorre em todas as direções, sendo dependente da direção do fluxo de água, principalmente após a ocorrência de grandes volumes de água de precipitação, seja por altos índices pluviométricos ou irrigações contínuas (JAVARONI et al., 1999). Ainda, a lixiviação interfere no comportamento do herbicida no solo, podendo afetar sua eficiência (OLIVEIRA, 2001). Neste contexto, os atributos do solo que mais influenciam na movimentação deste herbicida, são: tipo de argila e textura; teor de matéria orgânica e sua composição; distribuição do tamanho das partículas; pH; densidade aparente; tamanho e distribuição dos poros (INOUE et al., 2007).

Por sua vez, para determinação do potencial de lixiviação de herbicidas no perfil do solo, utilizam-se freqüentemente ensaios biológicos, a partir do cultivo de espécies sensíveis em substratos contaminados (NASCIMENTO; YAMASHITA, 2009). Gazziero et al. (2001) relatam que o girassol (*Helianthus annuus*) é seriamente afetado, observando-se injúrias severas quando cultivado em áreas recém tratadas com herbicida 2,4-D. Já Silva et al. (2010) ressaltam que o 2,4-D quando aplicado em doses relativamente altas é capaz de causar efeito em pontos distantes daquele inicialmente pulverizado devido à

sua alta capacidade de movimentação no solo e, quando atinge plantas sensíveis sua ação de toxidez manifesta-se por meio de vários sintomas, dentre eles, destacam-se: epinastia das folhas, interrupção do crescimento, formação de necroses e raízes secundárias.

Dentre as espécies sensíveis ao 2,4-D, o pepino (*Cucumis sativus*) destaca-se, por ser normalmente utilizada em bioensaios como planta indicadora de contaminação em substratos por estes herbicidas auxínicos (THILL, 2003).

Neste sentido, o objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses crescentes de 2,4-D em plântulas de pepino e sua capacidade de lixiviação no perfil do solo em área de pastagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio biológico foi conduzido entre os meses de setembro e outubro de 2011 nas condições de campo do município de Alta Floresta D'Oeste, localizado na região da zona da mata do estado de Rondônia. O experimento localizou-se a uma altitude média de 271 metros acima do nível do mar, predominando-se clima Tropical Chuvoso - Aw (Köppen), com temperatura média anual de 26 °C e precipitação média de 2.250 mm ano⁻¹, com índices pluviométricos superiores a 150 mm por chuva. O período chuvoso na região está compreendido entre os meses de outubro e novembro, estendendo até abril e maio; ocorrendo maior acúmulo de chuvas no primeiro trimestre do ano. O período mais quente fica compreendido entre os meses de agosto e outubro (SILVA, 2000).

Para realização deste experimento, foram coletadas amostras de latossolo vermelho-amarelo, na profundidade de 0 a 20 cm, em áreas de pastagem cultivada na região de Alta Floresta D'Oeste - RO (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise química de solo em área de pastagem cultivada na região de Alta Floresta D'Oeste – RO.

Camada (cm)	pH	M.O dag/kg	P --- mg/dm ³ ---	K	Ca	Mg	H+Al cmolc/dm ³	SB	T	V %	Argila g/Kg
0-20	6,50	3,40	48,2	78	8,13	1,72	2,08	9,5	11,6	82	347

Posteriormente, as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm e homogeneizadas, seguido de acondicionamento em colunas de PVC de 0,10 m de diâmetro por 0,60 m de comprimento. Todas as colunas foram marcadas a cada 30 cm de distância e possuíam estrutura vedante na base (tela de fibra vegetal), para evitar perda de solo. Após o preenchimento com as amostras de solo, as colunas foram umedecidas por capilaridade e posteriormente dispostas na posição vertical, em repouso, para drenagem do excesso de

água até se atingir umidade aproximada à capacidade de campo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos, distribuídos em parcelas subdivididas (doses e profundidades), com três repetições. As doses de aplicação de 2,4-D (0, 806, 1.612 e 2.418 g ha⁻¹) foram dispostas nas parcelas principais e as duas profundidades de avaliação (0-30 cm e 30-60 cm) nas subparcelas. Para aplicação do herbicida utilizou-se um pulverizador costal com tanque de 20 litros de capacidade,

em material de polietileno, com base confeccionada em aço, pressão de 200 kPa, bico tipo leque 8002, da marca JACTO®, aplicando-se volume de calda de 300 L ha⁻¹.

Após aplicação, com as colunas ainda na posição vertical, simulou-se uma chuva de 150 mm, que é comum na região, principalmente entre os meses de janeiro e fevereiro (SILVA, 2000). A seguir, esperou-se até que houvesse percolação de toda água. A seguir, as colunas foram dispostas na posição horizontal e procedeu-se abertura lateral de 2 cm, em sentido longitudinal para semeadura de pepino à profundidade de 1,0 cm.

O potencial de lixiviação do herbicida 2,4-D no perfil do solo foi determinado mediante bioensaio, utilizando-se o pepino como planta indicadora. Durante a condução do experimento a umidade do solo nas colunas foi mantida próxima à capacidade de campo, por meio de irrigações diárias, para garantir bom crescimento das plântulas indicadoras.

Aos 30 dias após a emergência do pepino, avaliou-se: altura de plântulas, comprimento de raízes, matéria seca total, volume e matéria seca de raízes. Para aferir a altura de plântulas e comprimento das raízes utilizou-se régua milimetrada, o volume de raízes foi definido a partir de proveta volumétrica e a matéria seca total e das raízes, após

a secagem em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 °C), foi aferida com auxílio de balança de precisão.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$), a fim de aferir a normalidade, seguido por transformação ($X + 1$) e pela análise de variância. Foram ajustados modelos de regressão para as doses, quando as variáveis apresentaram diferenças significativas pelo teste F da análise de variância, ao nível de 5% de probabilidade. Para as profundidades de lixiviação, as comparações entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Assistat (SILVA, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados seguiram distribuição normal. As doses crescentes de 2,4-D não diferiram estatisticamente entre si, porém, as profundidades de lixiviação do herbicida influenciaram em todas as características avaliadas nas plântulas de pepino. Ainda, houve interação estatística entre doses e profundidades apenas na altura de plântulas e volume de raízes, ambos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura (AP), matéria seca total (MST), comprimento de raízes (CR), matéria seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR) de plântulas de pepino submetidas a doses crescentes do herbicida 2,4-D em duas profundidades de solo de pastagem na Amazônia ocidental.

Fontes de Variação	GL	AP	MST	CR	MSR	VR	Quadrados médios
Doses (A)	3	11,6 ^{ns}	0,13 ^{ns}	20,0 ^{ns}	8015,3 ^{ns}	0,08 ^{ns}	
Blocos	2	17,4 ^{ns}	0,06 ^{ns}	21,2 ^{ns}	162,5 ^{ns}	0,04 ^{ns}	
Resíduo-A	6	64,0	0,09	12,6	2473,6	0,29	
Profundidades (B)	1	912,7 ^{**}	1,21 ^{**}	301,0 ^{**}	73704,2 ^{**}	8,17 ^{**}	
A x B	3	164,8 ^{**}	0,30 ^{ns}	57,1 ^{ns}	14215,3 ^{ns}	2,03 ^{**}	
Resíduo-B	8	17,7	0,08	10,0	1987,5	0,19	

^{ns} não significativo e ^{**} significativo com nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

As doses de 2,4-D não influenciaram no crescimento e na matéria seca das plântulas de pepino, o que indica que para esta espécie a toxicidade deste herbicida não é diretamente proporcional ao incremento da dose aplicada. Resultados diferentes foram obtidos por Nascimento e Yamashita (2009) em pepino e tomate, onde verificaram que incrementos nas doses de 2,4-D ocasionaram redução acentuada no crescimento das plântulas.

Santos et al. (2006) avaliando o nível de toxicidade da mistura comercial de herbicidas (2,4-D + picloram) em plântulas de pepino a partir de amostras de solo retiradas nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, obtiveram intoxicação severa em até 180 dias após a aplicação do produto. De modo semelhante, Silva et al. (2011) verificaram em seus estudos com soja, redução na altura de

plantas quando submetidas a doses crescentes do herbicida 2,4-D.

Vitorino et al. (2010) verificaram em seus estudos que doses maiores de 2,4-D (640, 320, 160, 80 e 40 g ha⁻¹) proporcionaram quedas expressivas no conteúdo de massa seca das plantas de mamona, confirmando as notas mais elevadas de fitotoxicidade. De forma semelhante, Pacheco et al. (2007) notaram que o incremento nas concentrações de 2,4-D resultou em menor produção de massa verde e seca da parte aérea das plantas de milho (*Pennisetum americanum*).

Hansen e Grossmann (2000) explicam que a produção de biomassa da planta é afetada devido a superdoses de etileno desencadeadas a partir da intoxicação com compostos auxínicos como o 2,4-D provocando a síntese de

ácido abscísico (ABA), que é destruído dentro da planta ocasionando o fechamento estomático, o que limita a assimilação de carbono.

A lixiviação de 2,4-D na camada de 0 a 30 cm reduziu a altura e a matéria seca total das plântulas de pepino (Tabela 3).

Tabela 3. Altura e massa seca total de plântulas de pepino cultivado em solo de pastagem contaminado por lixiviação de 2,4-D sob doses crescentes nas profundidades do solo de 0-30 cm e 30-60 cm.

Doses (g ha ⁻¹)	Altura de plântulas (cm)		Matéria seca total (g)	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
0	24,88	20,83	1,34	1,22
806	21,75	24,72	1,33	1,56
1.612	20,47	26,61	1,35	1,69
2.418	12,33	25,88	1,21	1,68
Média	19,85 B	24,51 A	1,31 B	1,54 A
CV (%)	17,98		12,16	

*Médias seguidas das mesmas letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Compostos de 2,4-D provocam intensa divisão celular, promovendo o crescimento desorganizado de células, epinastia das folhas e retorcimento do caule atribuído ao desbalanço hormonal decorrente da grande quantidade de auxina sintética que o herbicida 2,4-D traz em sua formulação (URSIN; BRADFORD, 1989).

Yamashita et al. (2009) avaliando a influência da mistura de herbicidas (glyphosate + 2,4-D) sobre o desenvolvimento inicial de essências florestais, verificaram que para *Schizolobium amazonicum*, o comprimento de raiz não foi influenciado pelas diferentes doses aplicadas. Entretanto, para *Ceiba pentandra* os tratamentos influenciaram significativamente ($p < 0,05$) o comprimento de raízes.

Para Inoue et al. (2003) e Inoue et al. (2007), a velocidade de percolação de herbicidas no perfil do solo depende principalmente da textura e teor de matéria orgânica (MO). Neste sentido, provavelmente o teor de argila e a MO deste solo podem ter dificultado a lixiviação do 2,4-D abaixo de 30 cm, conseqüentemente não expondo às plântulas de pepino a intensa fitointoxicação (Tabela 1).

As características do sistema radicular também foram afetadas estatisticamente pela lixiviação do 2,4-D no perfil do solo. Os maiores valores de comprimento, matéria seca e volume de raízes foram obtidos na camada de 30 a 60 cm. Este resultado pode está relacionado à menor lixiviação do composto para esta camada de solo e a redução dos riscos de fitotoxicidade às raízes das plântulas (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento de raízes (CR), Massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR) de plântulas de pepino cultivado em solo de pastagem contaminado por lixiviação de 2,4-D sob doses crescentes nas profundidades do solo de 0-30 cm e 30-60 cm.

Doses de 2,4-D (L ha ⁻¹)	CR (cm)		MSR (g)		VR (cm ³)	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
0	14,05	15,66	1,06	1,06	2,61	2,16
806	14,08	12,94	1,06	1,10	2,17	2,36
1.612	10,51	16,78	1,06	1,19	2,08	3,22
2.418	7,67	15,94	1,02	1,14	1,50	2,89
Média	11,57 B*	15,33 A	1,05 B	1,12 A	2,09 B	2,66 A
CV (%)	20,45		3,93		14,82	

*Médias seguidas das mesmas letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Costa et al. (2005) e Nascimento e Yamashita (2009), compostos auxínicos como o 2,4-D provocam intensa proliferação celular, hipertrofia, engrossamento das raízes laterais e redução de matéria seca destes tecidos. Dan et al. (2010), estudando sorgo granífero, observaram expressiva redução no acúmulo de matéria seca de raízes com elevação das doses, principalmente em aplicações realizadas nos estádios iniciais de crescimento. Thill (2003) relata que

possivelmente a destruição do sistema radicular se deve ao aumento da enzima celulase nas raízes.

Silva et al. (2007) relatam que com a aplicação de herbicidas auxínicos, espécies sensíveis têm seu sistema radicular rapidamente destruído, devido ao alongamento celular desordenado e à falta de resistência da coifa, há indução intensa de proliferação celular em tecidos, causando epinastia de folhas e caule, além de interrupção do

floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular.

Vivian et al. (2006) estudando por meio de bioensaios em amostras de um argissolo vermelho-amarelo coletadas em campo após a aplicação de sulfentrazone, sem a manutenção da estrutura original do solo, verificaram redução evidente da matéria seca da parte aérea, da altura e dos índices de fitotoxicidade de 0 a 10 cm no perfil do solo coletado, confirmando, dessa forma, a capacidade dessortiva desse herbicida no solo.

O comportamento de lixiviação do herbicida 2,4-D tem sido menos evidente na camada de 30-60 cm, o que pode ser justificado pelas características do solo neste estudo, principalmente pH, teor de MO e textura do solo (Tabela 1). Para Martini et al. (2011) a dinâmica dos herbicidas no solo é muito influenciada pelo valor do pH do solo, sendo assim quando avaliada a lixiviação de Imazethapyr + Imazapic em função do manejo de irrigação do arroz, verificou-se que os níveis de pH encontrados nas diferentes profundidades foram relativamente uniformes, não afetando significativamente seu movimento vertical no solo.

Já para D'Antonio et al. (2009), o pH do solos foi determinante na movimentação de picloram, com evidente lixiviação desse herbicida no solo em condições de pH 5,9 do que quando comparado a solos com em pH de 4,1 e 4,9; respectivamente.

Hang (1996) destaca que apesar do pH ser a característica de maior importância na sorção de herbicidas ácidos no solo, a MO tem correlação moderada positiva na retenção destes herbicidas. Dependendo das características físicas e químicas do herbicida e do solo, a qualidade e o teor de argila ou de MO podem ser mais importantes do que o pH do solo (D'ANTONIO et al., 2009).

Os teores médios de MO nas colunas de solo do presente estudo (Tabela 1) podem ter influenciado na percolação do herbicida para camadas mais profundas (abaixo de 30 cm). Pois de acordo com Vieira et al. (1998) o teor de MO no solo desempenha fundamental importância na adsorção de moléculas químicas quando se trata de contaminantes ambientais, como herbicidas e metais pesados. No caso deste estudo, o teor de MO do solo pode ter favorecido a retenção da molécula química adsorvendo-o, diminuindo assim, a mobilidade do composto químico no perfil do solo.

D'Antonio et al. (2009) constataram em seus estudos que o índice de lixiviação do picloram foi menos influenciado pelo pH quando os níveis de MO dos solos estavam mais elevados.

Grazziero et al. (2001), explicam que a degradação do herbicida 2,4-D em solos com grande quantidade de MO, ocorre devido a grande presença de microrganismos que degradaram rapidamente as moléculas do herbicida. Sendo assim Souza et al. (1996) concluíram que a presença do herbicida 2,4-D no solo estimula a atividade microbiana incrementando sua taxa de decomposição.

Quanto à textura do solo deste estudo, classificado como médio (RIBEIRO et al., 1999), é evidente que houve efeito quanto ao impedimento da percolação do herbicida para camadas mais profundas (abaixo de 30 cm), devido à sorção das moléculas químicas do herbicida aos colóides do solo, pois a classe textural é um importante atributo que interfere no potencial de sorção dos herbicidas (SILVA et al. 2010). Estes mesmos autores, avaliando o efeito residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas (argilosa e média) observaram que o efeito residual do herbicida ficou mais evidenciado nas plantas cultivadas em solo de textura média, apresentando alta fitointoxicação e redução da biomassa seca em comparação à testemunha, principalmente no tratamento onde o herbicida foi aplicado e a soja semeada logo em seguida.

CONCLUSÃO

O nível de toxicidade do 2,4-D não foi influenciado pelo incremento na dose aplicada, entretanto, este composto é facilmente lixiviado nos primeiros 30 cm do perfil do solo.

REFERÊNCIAS

- COSTA, N. V. et al. Controle químico de plantas daninhas aquáticas: *Alternanthera philoxeroides*, *Enhydra anagallis* e *Pycurus decumbens*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 335-342, 2005.
- D'ANTONINO, L. et al. Lixiviação do Picloram em argissolo vermelho-amarelo e latossolo vermelho-amarelo com diferentes valores de pH. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 589-600, 2009.
- FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. Comportamento do girassol quando cultivado em área tratada com o herbicida 2,4-D. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.1, p.127-133, 2001.
- HANG, S. B. et al. Movilidad y adsorción-desorción de picloram, dicamba e imazaquin. **Investigación Agraria Producción y Protección Vegetales**, Madrid, v. 11, n. 2, p. 345-361, 1996.
- HANSEN, H.; GROSSMANN, K. Auxin – induced ethylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. **Plant Physiology**, New York, v. 124, p.1437-1448, 2000.

- INOUE, M. H. et al. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 312-323, 2003.
- INOUE, M. H. et al. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 47-555, 2007.
- JAVARONI, R. C. et al. Comportamento dos herbicidas atrazina e alachlor em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 58-64, 1999.
- MARTINI, L. F. D. et al. Lixiviação de imazethapyr + imazapic em função do manejo de irrigação do arroz. **Planta daninha**. Viçosa-MG. v. 29, n. 1, p. 185-193. 2011,
- NASCIMENTO, E. R.; YAMASHITA, O. M. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-d + picloram. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 47-54, 2009.
- OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JUNIOR., R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-362.
- PACHECO, L. P. et al. Tolerância do milheto (*Pennisetum americanum*) ao 2,4-D. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 173-179, 2007.
- RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5º Aproximação, Viçosa-MG: UFV, 1999. 359 p.
- Silva, F. A. S. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p. 294-298
- SANTOS, L.C. et al. Determination of rice herbicides, their transformation products and clofibric acid using on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography with diode array and... **Journal of Chromatography A**, Vancouver, v. 879, n.1, p. 3-12, 2006.
- SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 83-148.
- SILVA, F. M. L. et al. Efeito residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** Viçosa: SBPD, 2010. p. 1688-1692.
- SILVA, J. F. et al. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo integrado de plantas daninhas**. Viçosa-MG: UFV, 2007, p. 118-154.
- SILVA, M. J. G. **Boletim climatológico de Rondônia, ano 1999**. Porto Velho: SEDAM, 2000. 20 p.
- SOUZA, A. P. et al. Efeito do oxyfluorfen, 2,4-D e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdos de matéria orgânica. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 14, n.1, p. 55-64, 1996.
- THILL, D. Growth regulator herbicides. In: WELLER, S. C. et al. **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 267-275.
- VITORINO, H. S. et al. Efeito da aplicação de sub-doses de 2,4-D simulando deriva na cultura da mamona. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** Viçosa: SBPD, 2010. p. 1820-1823.
- URSIN, V. W.; BRADFORD, K. J. Auxin and ethylen regulation of petiole epinasty in two developmental mutant tomatoes. **Plant Physiology**, New York, v. 90, n.1, p.1341-1349, 1989.
- VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.
- YAMASHITA, O. M. et al. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, 2009.