

ACÇÃO RESIDUAL DO HERBICIDA IMAZAPYR APLICADO EM CANAL DE IRRIGAÇÃO SOBRE A CULTURA DO ARROZ

AGOSTINETTO, Dirceu¹; LAMEGO, Fabiane P.²; PINTO, Jesus J. O.²

¹ Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 776, CEP-91501-970, Porto Alegre, RS. dirceua@vortex.ufrgs.br;

² Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Caixa Postal 354, CEP-96160-000, Pelotas, RS. jppinto@ufpel.tche.br.
(Recebido para publicação em 08/05/2001)

RESUMO

O controle de plantas infestantes em canais de irrigação com a utilização de herbicidas é uma prática eficaz, rápida e de custo baixo. Porém, a presença de resíduos de herbicidas pode inviabilizar a aplicação, devido a possíveis danos a cultura a ser irrigada. O objetivo do presente estudo foi investigar a ação residual do herbicida imazapyr em água de canal de irrigação, sobre a germinação e crescimento inicial de arroz. Para isso, foram realizados experimentos conduzidos a campo e em casa de vegetação, nos anos agrícolas de crescimento 1995/96 e 1996/97. A campo, o herbicida foi aplicado na dose de 750 g i. a. ha⁻¹ sobre espécies infestantes de canais de irrigação, quando este se encontrava totalmente drenado. Quinze dias após a aplicação, inundou-se o canal e, a partir da mesma data, foram efetuadas coletas de água aos 0, 1, 3 e 6 dias no primeiro ano, acrescentando-se duas datas de coleta aos 13 e 20 dias para o segundo ano. Como testemunha comparativa utilizou-se água coletada em canal próximo. A água coletada foi armazenada em recipientes plásticos e mantida à temperatura de 6±2 °C. Em casa de vegetação, foi semeada a cultivar de arroz BR-IRGA 410, em vasos com capacidade de 1 L de solo. A irrigação do arroz com tratamento diferenciado pelo dia da coleta, das águas nas áreas tratada e não tratada, tiveram início em pré e pós-emergência. As variáveis avaliadas foram: estatura de plantas, comprimento radicular e matéria seca da parte aérea e sistema radicular. A presença do herbicida na água afetou negativamente todas as variáveis avaliadas e mais intensamente quando a irrigação teve início em pré-emergência do arroz. Após a inundação do canal de irrigação, o herbicida imazapyr manteve ainda, sua atividade até o vigésimo dia de contato com a água.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, planta daninha, imazapyr, água.

ABSTRACT

EFFECT ON RICE CAUSED BY IMAZAPYR RESIDUES IN WATER FROM IRRIGATION CHANNELS. The control of weeds by herbicides applied in irrigation channels is an effective, rapid and low cost practice. However, the presence of herbicides residues can make unfeasible the application due to possible damages to the crop to be irrigated. The objective of the present study was to investigate the residual effect of the herbicide imazapyr in water from treated irrigation channel in germination and initial growth of rice. Experiments were carried out under field and greenhouse conditions, in 1995/96 and 1996/97 growth seasons. In the field, the herbicide was applied at the rate of 750 g i. a. ha⁻¹. The irrigation channels had been totally drained. Fifteen days after the application, the channel was flooded and the water was then collected at 0, 1, 3 and 6 days after in the first year. In the second year, two collecting dates were added (13 and 20 days after the channel was flooded). Water from a non-treated channel was used as control. The collected water were stored in plastic recipients and maintained at the temperature of 6±2 °C. In the greenhouse, rice cv. BR-IRGA 410 was sowed in pots with 1 litre of soil. The irrigation of the crop with the treatments (timing of water sampling in treated and non-treated areas) started before the crop emergence and continued up when the crop cycle was completed. The variables that were evaluated: plant height, root length and leaf and root dry matter production. The presence of the herbicide residues in water affected all

the variables and was more significant when the irrigation was done before the crop emergence. The herbicide imazapyr kept its activity until the last date of collecting water.

Key words: *Oryza sativa*, weed, imazapyr, water.

INTRODUÇÃO

O arroz é o cereal mais cultivado em nível mundial. A produção de arroz no Brasil, no triênio 1997/99, foi de 9,5 milhões de toneladas ao ano, ocupando uma área média de 3,4 milhões de hectares e com rendimento médio de 2,8 t ha⁻¹ (FAO, 1999). O Rio Grande do Sul (RS) contribuiu com 28,5% da área cultivada, de aproximadamente 970 mil hectares. A produtividade média de grãos obtida no RS foi 5,1 t ha⁻¹ (IRGA, 1999), bastante acima da média nacional, o que decorre da utilização de cultivares com alto potencial produtivo, do uso apropriado de insumos e da adoção de tecnologias modernas.

No sistema de irrigação por inundação da cultura do arroz são utilizados canais e drenos os quais, normalmente permanecem com água acumulada durante todo o ano, devido, principalmente, a topografia plana e a elevada precipitação pluvial no período de inverno. Isto propicia o desenvolvimento de espécies infestantes que dificultam o fluxo de água. Além disso, esta vegetação pode servir como hospedeira de insetos, doenças e também como habitat para roedores e outros animais que provocam danos a cultura do arroz. Como medida de controle, pode-se adotar a limpeza mecânica desses canais, que tem alto custo e é apenas uma medida paliativa, pois, dentro de pouco tempo os canais são reinfestados necessitando nova limpeza. Outra alternativa seria o uso de herbicidas com elevada ação residual para controle dessas espécies indesejáveis, prolongando assim, a eficiência da operação. Porém, a presença de resíduos destes herbicidas, não deve afetar negativamente a cultura a ser irrigada.

Diversos herbicidas podem ser utilizados para a limpeza de canais, dentre os quais pode-se incluir o imazapyr (sal de amônio do ácido nicotínico-2-(4-isopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolidino-2-ilo), composto pertencente ao grupo químico das imidazolinonas (RODRIGUES & ALMEIDA, 1995). O herbicida imazapyr caracteriza-se por apresentar ação pré e pós-emergente, controlando plantas mono e dicotiledôneas anuais e perenes, com doses de 500 a 2500 g i. a. ha⁻¹ (AHRENS, 1994). Além da rápida absorção e translocação para raízes e rizomas (SHANER, 1988), o herbicida imazapyr apresenta vantagem em relação a outros herbicidas ou métodos de controle, devido a sua atividade residual no solo, o que promove o controle da emergência de plantas daninhas e de novas plantas oriundas de rizomas ou bulbos (BEARDMORE et al., 1991).

O grupo químico das imidazolinonas, ao qual pertence o herbicida imazapyr, apresenta como principais mecanismos de dissipação a degradação microbiana (GOETZ et al., 1990) e a decomposição fotolítica, especialmente quando exposto à luz ultravioleta (MALLIPUDI et al., 1991). Os produtos oriundos de sua decomposição são: 2,3-piridinodicarboxílico (ou ácido quinolínico), 2,3-piridino-dicarboxamida (ou quinolinimida), furo[3,4-*b*]piridina-5(7*H*)-ona e 7 hidróxi-furo[3,4-*b*]piridina-5(7*H*)-ona (MANGELS, 1991).

A persistência de imazapyr no solo depende da dose aplicada, das condições pluviais da região, do pH, da textura, da umidade e do tipo de argila (ISMAL & AHMAD, 1994). A atividade herbicida tem sido relatada de três meses a dois anos em condições de clima temperado. A meia vida de imazapyr foi de 2,7 e 2,9 dias em pH 5 e 9, respectivamente (MALLIPUDI et al., 1991), em função da maior adsorção de imazapyr promovido pela diminuição do pH (GENNARI et al., 1998). Já, AHRENS (1994) observou que a meia vida de decomposição fotolítica, em água destilada com pH 9, foi de 1,3 dias. Em trabalho realizado por CURRAN et al. (1991), os autores observaram degradação de 100% do imazapyr presente em solução aquosa 48 horas após a exposição à luz ultravioleta. A adsorção de imazapyr pode variar em função da carga do componente adsorvente, da presença de matéria orgânica e de óxidos de ferro amorfo (PUSINO et al., 1997). Também, a maior presença de argila no substrato reduziu a meia vida de imazapyr de 7 para 5 dias (ISMAL & AHMAD, 1994).

Trabalhos relatam que 80 a 90% do imazapyr aplicado permaneceu no solo em camada de até 12 cm, um ano após aplicação (COFFMAN et al., 1993). Ainda, segundo os autores, o milho não tolerou a presença de resíduo de imazapyr até 82 dias após a aplicação. Entretanto, 436 dias após a aplicação, o herbicida foi suficientemente degradado para permitir uma tolerância do milho à aplicação de doses de 2200 e 4500 g ha⁻¹. Esta elevada atividade residual pode restringir temporariamente a semeadura de culturas de interesse agrônomico, nas áreas tratadas com esse herbicida. Por outro lado, a curva de dissipação de imazapyr mostrou que o herbicida pode ser usado para o controle de *Typha subulata* (taboa) em drenos de irrigação, sem causar danos a culturas vizinhas, desde que a água seja usada, no mínimo, depois de 1,6 a 3,7 dias da aplicação das doses de 500 a 1500 g ha⁻¹, respectivamente (PRATES et al., 1996).

A aplicação de herbicida não-seletivo com ação residual em canais de irrigação, durante o período que antecede o cultivo do arroz, poderá afetar o desenvolvimento desta cultura quando irrigada com água proveniente da área tratada. O presente estudo teve por objetivo investigar a ação residual do herbicida imazapyr em água de canal de irrigação, sobre a germinação e crescimento inicial de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida durante os anos agrícolas 1995/96 e 1996/97, e foi dividida em duas etapas. A primeira, constou de experimento realizado a campo em área experimental do Centro Agropecuário da Palma da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). A segunda, incluiu experimento conduzido em casa de vegetação, localizada na Estação Experimental de Terras Baixas (EETB) da Embrapa Clima Temperado, ambos localizados no município de Capão do Leão-RS.

O solo da área experimental é classificado como planossolo hidromórfico, apresentando textura franco-argilosa e com baixo teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 1999). O

canal de irrigação, onde foi realizada a aplicação, encontrava-se drenado e infestado por vegetação espontânea. O herbicida imazapyr foi aplicado na dose de 750 g i. a. ha⁻¹, utilizando-se pulverizador costal, pressurizado a CO₂, munido de barra com

cinco bicos tipo leque, série 110.02, aos quais aplicou-se pressão de 110 kPa, proporcionando a aplicação de 150 L ha⁻¹ de calda. A inundação do canal de irriga o foi realizada 15 dias após a aplica o do herbicida. A contar desta data foram realizadas coletas periódicas de  gua. Como testemunha comparativa utilizou-se água coletada em canal próximo, onde não houve aplica o do herbicida. No primeiro ano agrícola, foram efetuadas quatro coletas de água aos 0, 1, 3 e 6 dias após a inunda o do canal. No segundo ano agrícola, além das épocas utilizadas no primeiro ano, acrescentou-se mais duas épocas de coleta de água, aos 13 e 20 dias após a inunda o do canal. Para cada época, foram coletados 8 litros de água, sendo armazenados em recipiente plástico em geladeira a 6±2  C.

Em casa de vegeta o, a cultivar de arroz BR IRGA-410 foi semeada em vasos com capacidade de 1 L de solo. A irriga o com a água coletada teve início em duas épocas diferentes, em pr  e p s-emergência do arroz, sendo realizada duas vezes por semana, com 100 mL para cada unidade experimental. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repeti es. Aos 28 dias após o início da irriga o realizaram-se avalia es, sendo determinadas as seguintes variáveis: estatura de planta, comprimento do sistema radicular e matéria seca da parte aérea e sistema radicular. Os dados foram submetidos   análise de variância (ANOVA) pelo teste T, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de resíduos de imazapyr na água de irriga o mostrou redu o significativa na estatura de plantas de arroz. No primeiro ano agrícola, a redu o na estatura de plantas do arroz foi em média 52,2 e 35,3% para a irriga o iniciada em pré-emergência e p s-emergência, respectivamente (Figura 1).

No segundo ano agrícola de forma semelhante   primeira, observou-se redu o significativa da estatura de plantas de arroz; sendo em média 79,0 e 71,7% para a irriga o iniciada em pré-emergência e p s-emergência, respectivamente (Figura 2).

Resultados semelhantes aos observados no presente experimento foram obtidos por LAURETTI et al. (1997). Os autores verificaram, em experimento realizado com arroz cultivado em sistema pr -germinado, que o herbicida imazapyr apresentou redu es significativas no número de folha e na altura média de plantas de arroz, por um período de 20 dias após a inunda o. Já, espécies cultivadas como trigo, feijão e milho, somente toleraram a presença de resíduos de imazapyr no solo a partir do segundo ano de cultivo (COFFMAN et al., 1993). Por outro lado, a aplica o de imazapyr em sub-doses de 10 ou 15 g ha⁻¹ para controle de *Orobanche* spp em girassol, em est dio adulto, apresentou controle eficiente da planta daninha e não afetou a produ o de biomassa, o diâmetro do caule e o rendimento de grãos (TORRES et al., 1995). Por sua vez, PRATES et al. (1996), observaram que a água de dreno de irriga o pode ser usada para irriga o de culturas, desde que sejam passados 1,6 e 3,7 dias da aplica o para doses de 500 e 1500 g ha⁻¹ de imazapyr, respectivamente.

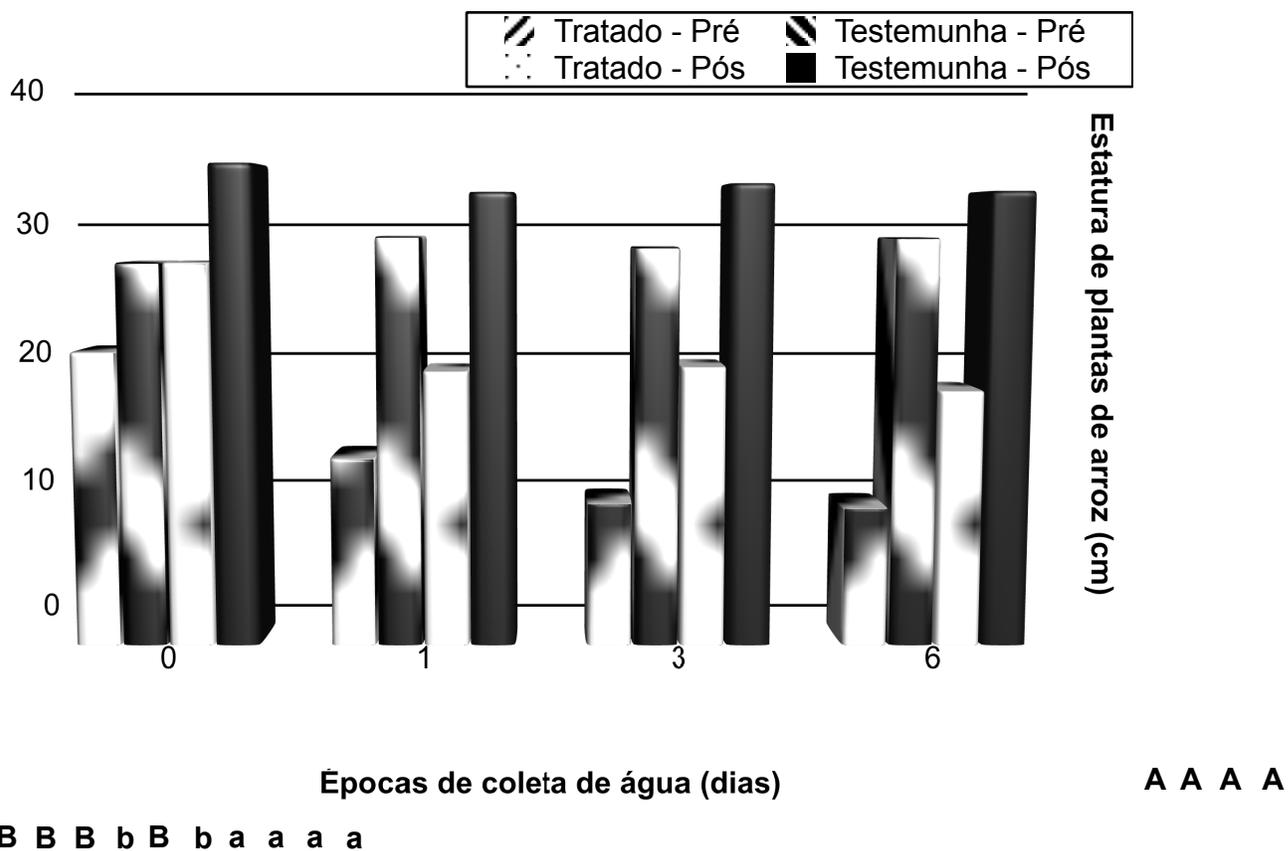


Figura 1 – Estatura de planta de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1996. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

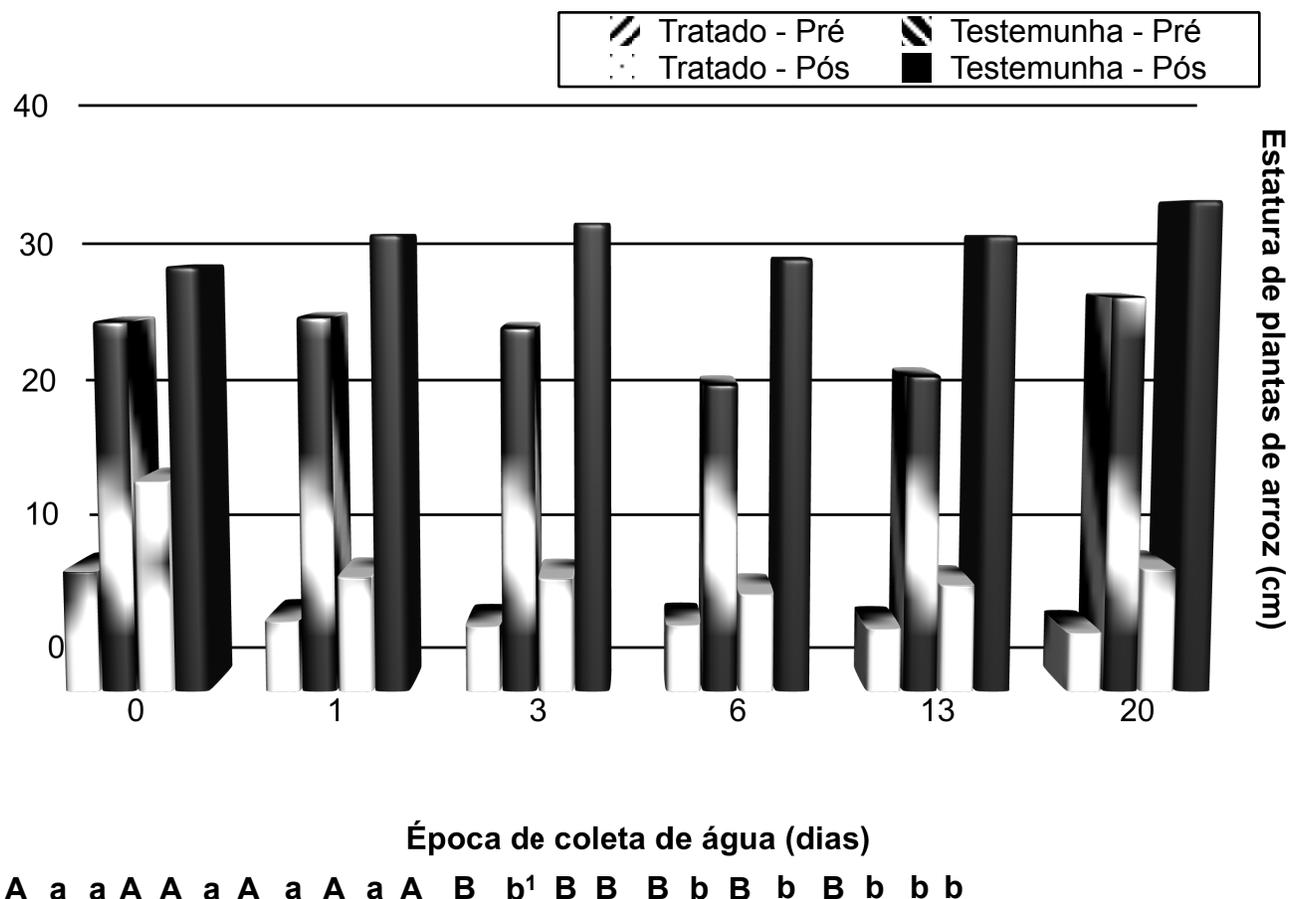


Figura 2 - Estatura de planta de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1997. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

O comprimento do sistema radicular foi reduzido significativamente pela presença de resíduos do herbicida imazapyr na água de irrigação, em ambos anos agrícolas de crescimento (Figura 3 e 4). No primeiro ano agrícola observou-se reduções médias de 63,2 e 34,1% para a irrigação iniciada em pré-emergência e pós-emergência, respectivamente, sendo que a ação inibitória manteve-se até o sexto dia após o início da irrigação (Figura 3). No entanto, para o tratamento onde a irrigação iniciou na pré-emergência a ação inibitória aumentou da primeira para a última época de coleta de água.

A redução no crescimento do sistema radicular no segundo ano agrícola, foi em média 70,9 e 55,4% para a irrigação iniciada em pré-emergência e pós-emergência do arroz, respectivamente (Figura 4). De forma semelhante ao primeiro ano agrícola, verificou-se maior redução quando a irrigação foi iniciada na pré-emergência do arroz, entretanto, a redução no crescimento se manteve constante durante todo o período de coleta de água.

A fitomassa seca da parte aérea das plantas de arroz apresentou redução significativa de seu peso em ambos anos agrícolas, a exceção da primeira época de coleta de água no primeiro ano (Figura 5 e 6). A redução da fitomassa foi maior quanto maior o período da coleta de água nos tratamentos em que foi aplicado o herbicida (Figura 5); sendo em média 63,2 e 34,1% para a irrigação iniciada em pré-emergência e pós-emergência, respectivamente.

No segundo ano agrícola, a redução média da fitomassa seca da parte aérea das plantas de arroz foi em média 87,2 e 89,2% para a irrigação iniciada em pré-emergência e pós-emergência, respectivamente, em comparação aos tratamentos testemunha (Figura 6). Independentemente da época de início da irrigação, verificou-se redução da produção de fitomassa com o aumento do período de coleta de água.

A produção de fitomassa do sistema radicular, no primeiro ano agrícola, apresentou comportamento semelhante a fitomassa seca da parte aérea. Comparativamente aos tratamentos testemunha, a irrigação com água oriunda do canal tratado, reduziu em média, 57,3 e 38,6% a produção de fitomassa quando a irrigação foi iniciada em pré-emergência e pós-emergência do arroz, respectivamente (Figura 7). No segundo ano agrícola, verificou-se reduções médias de 83,8 e 74,1% para a irrigação iniciada em pré-emergência e pós-emergência, respectivamente (Figura 8).

Os resultados observados evidenciaram que o resíduo de imazapyr, presente nas plantas e no solo não é transferido imediatamente para a água após a inundação, necessitando algum tempo para serem transferidos para a água. É importante salientar que a contar do sexto dia no primeiro ano agrícola e do vigésimo dia no segundo ano agrícola, o herbicida imazapyr manteve sua atividade, indicando a necessidade de maior período de tempo para que

o imazapyr perca sua atividade herbicida e possa ser usado na limpeza de canais na lavoura de arroz.

Além disso, deve-se levar em consideração que a utilização de herbicidas com elevada persistência para limpeza de canais de irrigação, pode acarretar sérios problemas à biota aquática. Da mesma forma, pode-se sugerir que

resíduos de herbicida na água utilizada para irrigação, proveniente de canais de irrigação tratados com imazapyr, podem causar severos danos à cultura.

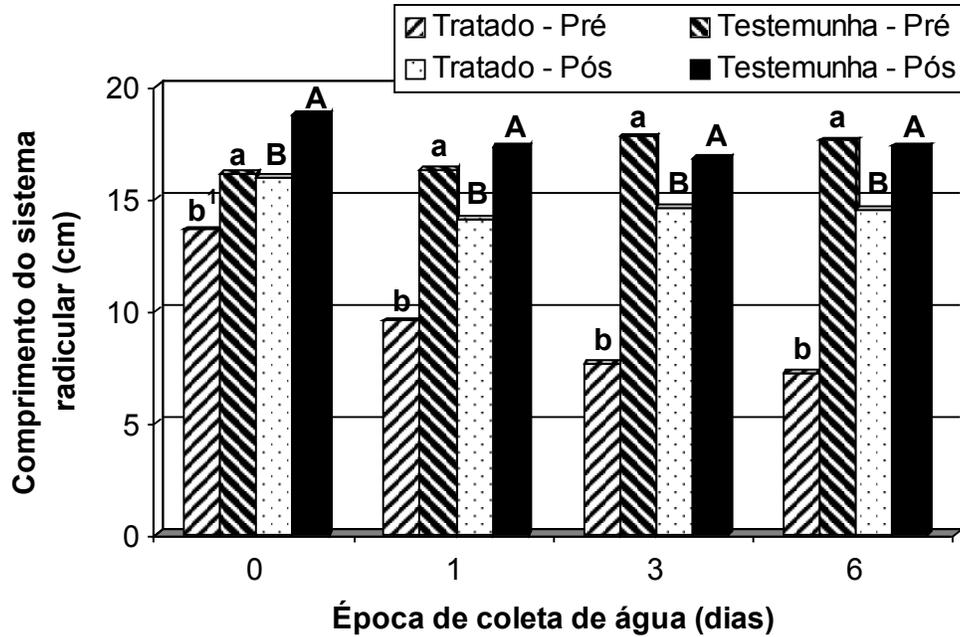


Figura 3 - Comprimento do sistema radicular de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1996. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

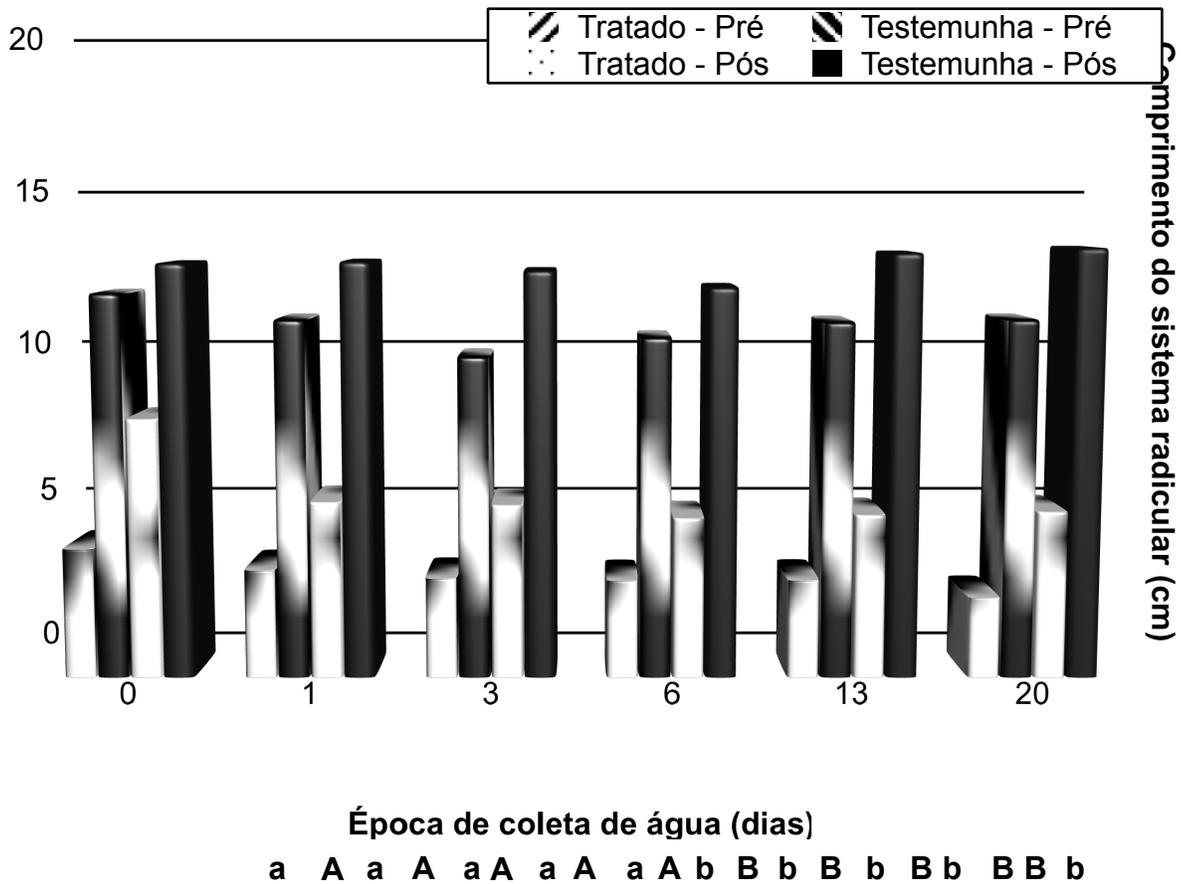


Figura 4 - Comprimento do sistema radicular de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPeI, Capão do Leão, RS, 1997. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

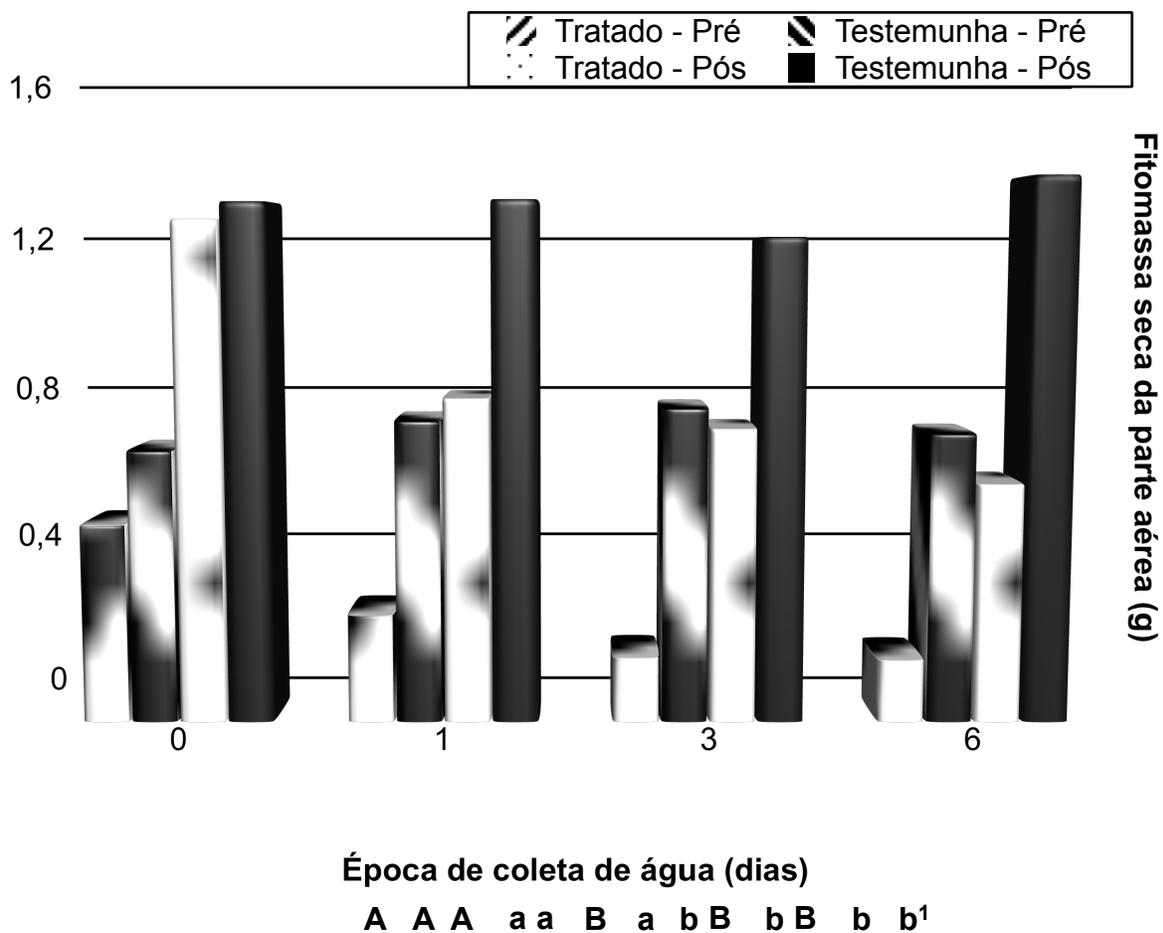


Figura 5 - Fitomassa seca da parte aérea de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1996. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

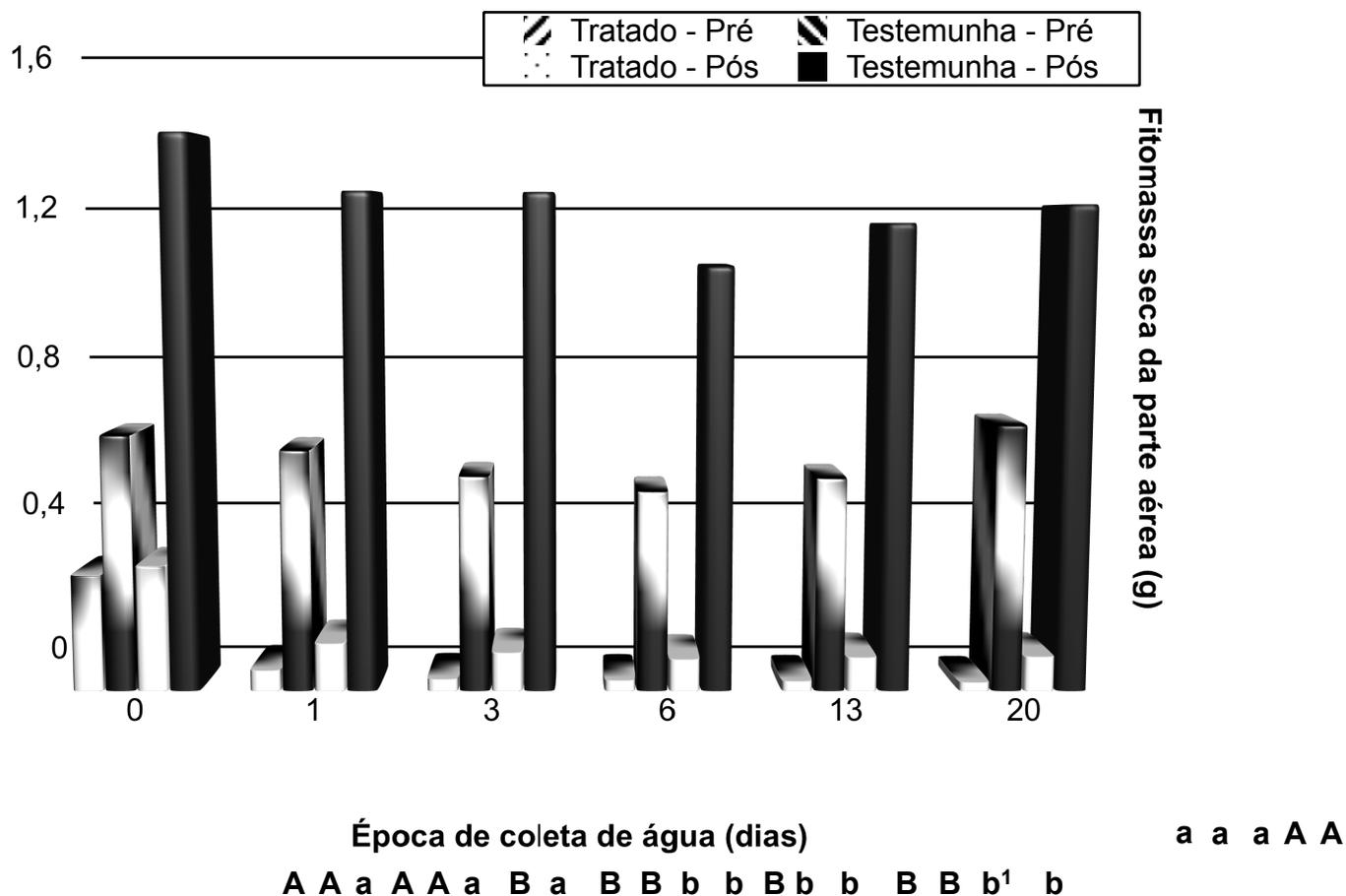
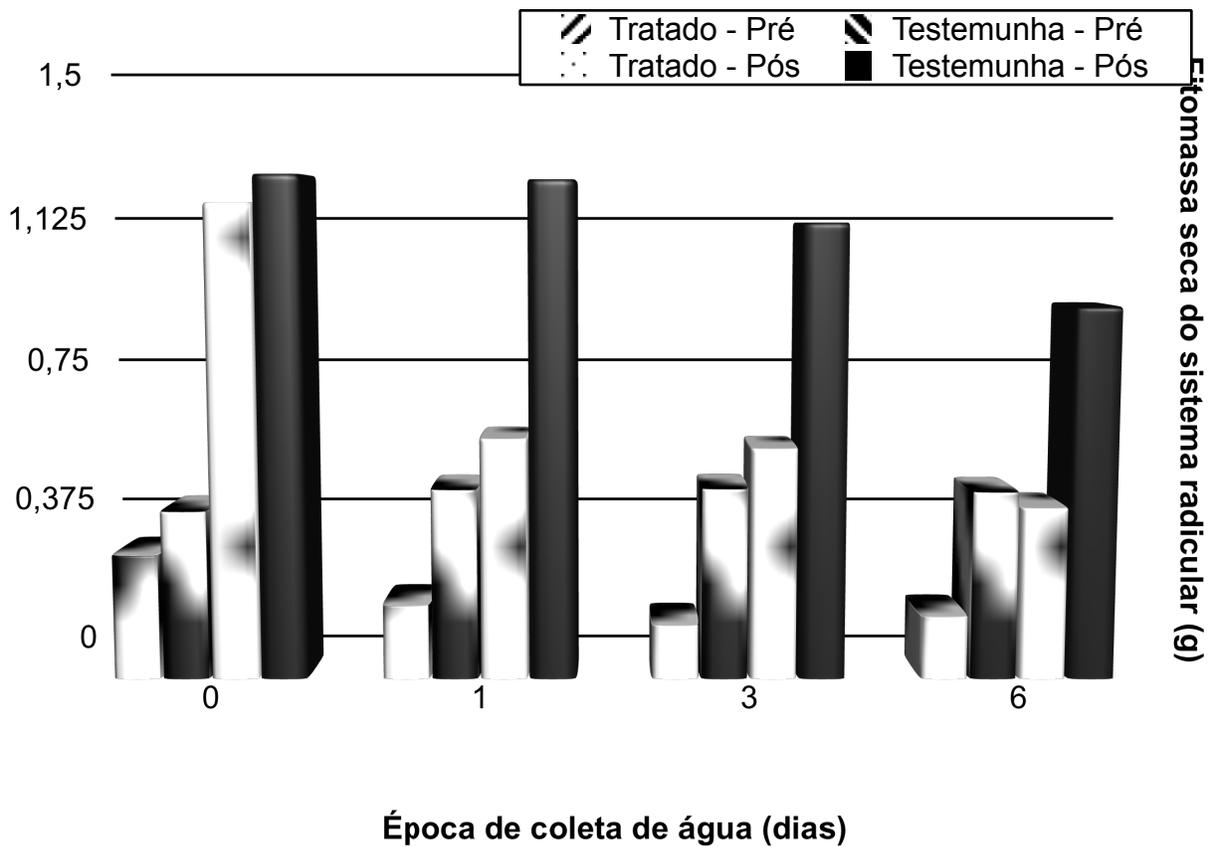


Figura 6 - Fitomassa seca da parte aérea de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPeI, Capão do Leão, RS, 1997. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.



A A A a A a a b B b B B b b¹

A a

Figura 7 - Fitomassa seca do sistema radicular de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1996. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

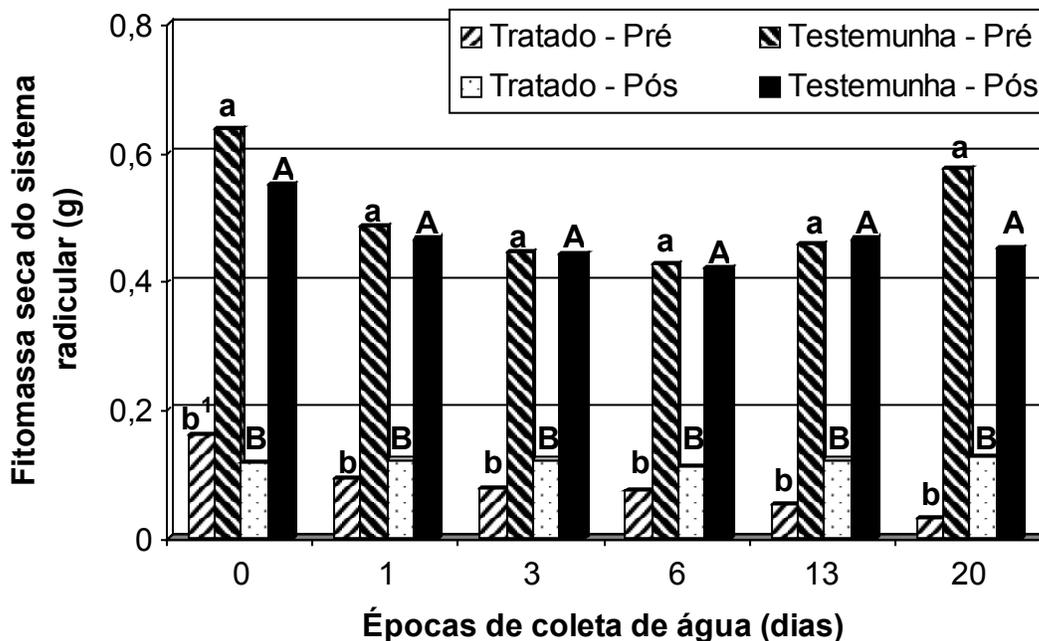


Figura 8 - Fitomassa seca do sistema radicular de arroz aos 28 dias após o início da irrigação realizada em pré ou pós-emergência, Faculdade de Agronomia/UFPel, Capão do Leão, RS, 1997. Letras minúsculas ou maiúsculas comparam tratamentos em pré ou pós-emergência do arroz, respectivamente, e quando idênticas, não diferem entre si dentro de cada época de coleta de água, pelo teste T a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que: a ação residual do herbicida imazapyr reduz a altura de plantas, o comprimento do sistema radicular e a matéria seca da partes aérea e do sistema radicular, sendo mais intensa quando a irrigação tem início na pré-emergência do arroz. O intervalo de quinze dias da aplicação de imazapyr em canais de irrigação, até a entrada d'água e mais vinte dias para dar início a sua distribuição na lavoura de arroz, pode não ser suficiente para manter a cultura livre da ação do herbicida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, W. H. (Ed.) **Herbicide handbook**. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.
- BEARDMORE, R. A.; HART, R.; IVERSON, R.; RISLEY, M. A.; TIMMER, M. Imazapyr herbicide. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. (ed.) **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991, p.211-227.
- COFFMAN, B. C.; FRANK, J. R.; POTTS, W. E. Crop responses to hexazinone, imazapyr, tebuthron and triclopyr. **Weed Technology**, v.7, n.1, p.140-145, 1993.
- CURRAN, W. S.; LOUX, M. M.; LIEBL, R. A.; SIMMONS, F. W. Photolysis of imidazolinone herbicides in aqueous solution and on soil. **Weed Science**, v.40, n.1, p.143-148, 1992.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- FAO. **Quarterly bulletin of statistics**. Roma, v.12, n.3/4, 1999. 154p.
- GENNARI, M.; NEGRE, M.; VINDROLA, D. Adsorption of the herbicides imazapyr, imazethapyr and imazaquin on soils and humic acids. **Journal of Environmental Science and Health**, v.33, n.5, p.547-567, 1998.
- GOETZ, A. J.; LAVY, T. L.; GEBUR JR., E. E. Degradation and field persistence of imazethapyr. **Weed Science**, v.38, n.2, p.421-428, 1990.
- IRGA. Divisão de Assistência Técnica e Extensão. **Acompanhamento de colheita do arroz irrigado-Safra 1998/99**. Porto Alegre, 1999. 8p.
- ISMAIL, B. S.; AHMAD, A. R. Attenuation of the herbicidal activities of glufosinate-ammonium and imazapyr in two soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.47, n.4, p.279-285, 1994.
- LAURETTI, R. L. B.; MACHADO, J. R.; MARUBAYOSHI, O. M.; EBERHARDT, D. S.; STUKER, H.; NOLDIN, J. A. Controle de *Luziola peruviana* na entressafra do arroz irrigado, com herbicida imazapyr. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, 1997, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. 580 p.
- MALLIPUDI, N. M.; STOUT, S. J.; DACUNHA, A. R.; LEE A. Photolysis of imazapyr (AC 243997) herbicide in aqueous media. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n.2, p.412-417, 1991.
- MANGELS, G. Behavior of the imidazolinone herbicides in the aquatic environment. In: SHANER, D. L. and O'CONNOR S. L., (ed). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC Press, 1991, p.184-190.
- PRATES, H. T.; SILVA, J. B.; FABRIS, J. D.; FERREIRA, G. A. L.; LEITE, C. E. P.; BATISTA, M. J. Curva de dissipação de imazapyr em água de drenos de irrigação, após aplicação para controle de taboa. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p. 127-133, 1996.
- PUSINO, A.; PERETTO, S.; GESSA, C. Adsorption and desorption of imazapyr by soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.3, p.1012-1016, 1997.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 3. ed., Londrina, 1995, 675 p.
- SHANER, D. L. Absorption and translocation of imazapyr in *Imperata cylindrica* (L) Raeuschel and effects on growth and water usage. **Tropical Pest Management**, v.34, n.4, p. 388-392, 1988.

- SOUZA, A. P. de; PRATES, H. T.; FERREIRA, F. A.; REIS, E. L. JORDÃO, C. P. Lixiviação do glyphosate e do imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química II. Método analítico. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.245-262, 1999.
- TORRES, L. G.; MUNOZ, M. C.; GRANADOS, F. L.; EXPOSITO, M. J. Imazapyr applied postemergence in sunflower (*Helianthus annuus*) for broomrape (*Orobanche cernua*) control. **Weed Technology**, v.9, n.4, p.819-824, 1995.