

PERSISTÊNCIA DO HERBICIDA CLOMAZONE NO SOLO E NA ÁGUA QUANDO APLICADO NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, SISTEMA PRÉ-GERMINADO¹

Clomazone Soil and Water Persistence When Applied in Water Seeded Rice

NOLDIN, J.A.², HERMES, L.C.³, FAY, E.F.³, EBERHARDT, D.S.² e ROSSI, M.A.⁴

RESUMO - A persistência do herbicida clomazone aplicado diretamente na lâmina d'água de arroz irrigado foi avaliada em três experimentos conduzidos em um solo do tipo argilo-siltoso, na Estação Experimental da EPAGRI em Itajaí-SC, a partir de duas formulações do herbicida clomazone, 500 CE (concentrado emulsionável) e 360 CS (concentrado solúvel), na mesma dose do ingrediente ativo. Os experimentos com arroz irrigado em sistema pré-germinado foram conduzidos, durante três anos consecutivos, nas safras de 1996/97 a 98/99; o herbicida foi quantificado em solo e água, antes e após a aplicação, sendo após a aplicação retiradas diversas amostras de solo e água para análise até a colheita da cultura do arroz. As amostras foram analisadas através de cromatografia gasosa. No ano de 1996/97 foi avaliado o herbicida clomazone na formulação 500 CE, o qual foi detectado no solo até oito dias após a aplicação (DAA) e, na água, até 32 DAA. Na safra 1996/97 os teores de herbicida na água aos 16 dias foram em torno de 3% da quantidade aplicada. O clomazone, na formulação CS, foi detectado na água e no solo até 24 DAA, sendo o período residual desta formulação superior ao da formulação CE. Esses resultados sugerem que até três a quatro semanas após a aplicação do herbicida, nas formulações CE e CS, a água deve ser mantida dentro dos quadros, a fim de minimizar os riscos de arrastamento do produto para fora da lavoura e a conseqüente contaminação das águas superficiais.

Palavras-chave: dissipação, resíduo, Gamit.

ABSTRACT - Three field studies were carried out on a silty clay soil - Haplaquoll (Molic Gleysol), during the 1996/99 season, at Epagri/Itajaí Experimental Station in southern Brazil, 26° 56' 35s S and 48° 45' 37s W, to evaluate clomazone persistence in soil and water. Clomazone 500 EC (1996/97) and 360 CS (1997/98 and 1998/99) was applied in the water in post emergence of pre-germinated seed in flooded rice area. Herbicide concentration in the soil and water was quantified before and after spraying, through several samples of water and soil taken up to rice harvesting time and analyzed with gas chromatography. In the first year, clomazone formulation 500 CE was not detected either in soil or water after 8 and 32 days after application (DAA), respectively. In 1996/97, about 3% of the amount applied remained in the paddy water by 16 DAA. In the following years, clomazone residue was detected in water up to 24 DAA. Clomazone residue levels in soil were below detectable levels after 4 and 16 DAA, in 1997/98 and 98/99, respectively. The results show that after applying clomazone (formulations EC and CS) in the water, growers should hold the water in the fields during 3 to 4 weeks, without any outflow of the pesticide treated water to waterways, otherwise superficial water could be contaminated.

Key words: dissipation, residue, pre-germinated system.

INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz irrigado no Estado de Santa Catarina caracteriza-se pela adoção do

sistema pré-germinado na totalidade das áreas, bem como pelo uso intensivo destas, ou seja, não é adotado o sistema de pousio. Um dos problemas decorrentes do uso intensivo das

¹ Recebido para publicação em 14/3/2001 e na forma revisada em 17/12/2001.

² Pesquisador, Epagri/Estação Experimental de Itajaí, Caixa Postal 277, 88301-970 Itajaí-SC, <noldin@epagri.rct-sc.br>.

³ Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000 Jaguariúna-SP; ⁴ Técnico de Laboratório, Embrapa Meio Ambiente, C.P. 69, 13820-000 Jaguariúna-SP.



áreas é a proliferação de plantas daninhas. Devido às características do sistema pré-germinado, o controle de plantas daninhas é altamente dependente do uso de herbicidas, os quais são utilizados pela maioria dos produtores.

A aplicação dos herbicidas é efetuada, predominantemente, pelo método conhecido como benzedura, em que os produtos são aplicados diretamente na lâmina de água tanto em pré-semeadura quanto em pós-emergência do arroz e das plantas daninhas (Epagri, 1998). Este método de aplicação difere muito do procedimento, predominantemente utilizado no Rio Grande do Sul, no qual os herbicidas são aspergidos em solo drenado e a entrada da água na lavoura ocorre após alguns dias da aplicação. Neste procedimento, os processos físicos, químicos e biológicos acontecem de forma bem diferenciada daquelas situações em que o produto é liberado diretamente na água.

A aplicação em benzedura tem algumas vantagens quando comparada com o método convencional de aspersão, destacando-se a maior facilidade e o menor custo de aplicação, pois dispensa a aquisição ou o uso de pulverizadores tratorizados, requerendo menos mão-de-obra, e possibilita a aplicação mesmo quando as condições climáticas são desfavoráveis à aspersão. A principal desvantagem da aplicação de herbicidas diretamente na lâmina de água diz respeito aos riscos de contaminação dos mananciais de água pelas águas de drenagem oriundas de lavouras que receberam a aplicação de agroquímicos.

Na safra de 1999/2000, 20 diferentes ingredientes ativos foram indicados para uso no controle de plantas daninhas nas áreas de arroz irrigado no sul do Brasil (Embrapa Clima Temperado, 1999). Trabalhos desenvolvidos em áreas de produção de arroz nos Estados Unidos mostraram que vários compostos químicos utilizados em arroz irrigado tiveram seus resíduos detectados em rios que recebem águas de drenagem de lavouras de arroz irrigado (Pereira & Hostettler, 1993). Ross & Sava (1986) mostraram que resíduos dos herbicidas molinate e thiobencarb puderam ser detectados em amostras de água, solo e vegetação até 32 dias após a aplicação destes em lâmina de água.

Estudos mais recentes sobre a persistência do herbicida molinate realizados no estado de Arkansas, Estados Unidos, indicaram que mais

de 90% do herbicida aplicado havia se dissipado aos 21 dias, mas níveis detectáveis de resíduo permaneceram na água até 49 dias após a aplicação (Johnson & Lavy, 1995). O monitoramento de qualidade de águas realizado no vale do Rio Sacramento, Califórnia, indicou a presença de resíduo do herbicida molinate em safras sucessivas, a partir de 1983. Após estudos da dissipação do produto no ambiente, foram recomendadas aos produtores práticas de manejo de água na lavoura que pudessem evitar ou minimizar a contaminação das fontes de água pelos agroquímicos utilizados na lavoura de arroz irrigado naquela região (Roberts et al., 1998).

O herbicida clomazone {2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona} apresenta boa eficiência no controle de algumas espécies de plantas daninhas infestantes em arroz irrigado (Rutledge et al., 1998; Webster et al., 1999), sendo indicado para aplicação em pós-emergência em arroz irrigado no sul do Brasil (Embrapa Clima Temperado, 1999; Fleck, 2000).

O clomazone, ingrediente ativo do Gamit®, é um herbicida não-iônico com solubilidade em água de $1,1 \text{ g L}^{-1}$, peso molecular de 239,70, coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) de 350, coeficiente de sorção (k_{oc}) igual a 300 mL g^{-1} e pressão de vapor de 19,2 mPa a 25 °C (Worthing & Hance, 1991; Weed Science..., 1994). O herbicida clomazone é moderadamente persistente no solo, com meia-vida variando de 5 a 29 dias e média de 19 dias, em função do tipo de solo (Kirksey et al., 1996). Gallaher & Mueller (1996), em trabalho conduzido por dois anos sob diferentes condições de ambiente, reportaram vida média de 55 dias para este herbicida. A degradação biológica é favorecida sob condições que estimulem uma elevada atividade bacteriana, como temperatura, umidade e matéria orgânica (Gamit, [199-]). A degradação do clomazone é mais rápida em condições anaeróbicas (solo inundado) do que em condições aeróbicas (Weed Science..., 1994). Algumas propriedades da molécula de clomazone são indicativas de que ele apresenta potencial de deslocamento no ambiente por volatilização ou junto à lâmina de água durante a irrigação e drenagem, podendo ocasionar toxicidade às plantas sensíveis. A minimização do efeito de fitotoxicidade sobre organismos não-alvos pode ocorrer pela

incorporação do herbicida ao solo ou por aplicação do produto em distâncias mínimas consideradas seguras e livres do efeito indesejável. Processos sortivos são os grandes limitantes do movimento de herbicidas em solos, e o herbicida clomazone apresenta capacidade de adsorção ao solo moderada, com $K_d = 1$ e $K_{om} = 52$, média de dois solos (Kirksey et al., 1996), tendo sua mobilidade reduzida em solos com moderado a alto teor de matéria orgânica (Loux et al., 1989).

Apesar da grande contribuição do Estado de Santa Catarina na produção de arroz no Brasil, muito pouco até o momento foi feito em relação aos estudos de comportamento e destino de herbicidas nesse sistema, visando a manutenção da eficácia com menor risco de dano ambiental. O presente trabalho teve como objetivo estimar o tempo de permanência no solo e na água do herbicida clomazone, aplicado na cultura do arroz irrigado cultivado em sistema pré-germinado. A formação de possíveis metabólitos não foi avaliada, e as análises visaram somente a dissipação do ingrediente ativo.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho ocorreu em duas fases, sendo uma em campo e outra em laboratório. A fase experimental de campo foi realizada durante três anos, nas safras de 1996/97 a 1998/99, em área da Estação Experimental de Itajaí, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri, município de Itajaí-SC. A Estação Experimental de Itajaí está localizada a 26° 56' 35s de latitude sul e 48° 45' 37s de longitude oeste. As análises de resíduos foram feitas no Laboratório da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP.

No ano de 1996/97, o experimento de campo constou de duas parcelas de 600 m² (20 x 30 m), sendo uma com a aplicação do clomazone e outra a testemunha, sem aplicação do herbicida. O solo no local do experimento era do tipo Gley Pouco Húmico Distrófico e apresentava as seguintes características: $pH_{(água)}$ de 4,9; $pH_{(SMP)}$ de 5,9; 13 mg dm⁻³ de P; 65 mg dm⁻³ de K; 0,9 cmol_c dm⁻³ de Al; 0,9 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1 cmol_c dm⁻³ de Mg; 19 g dm⁻³ de matéria orgânica; 243 g kg⁻¹ de argila; 446 g kg⁻¹ de silte; 307 g kg⁻¹ de areia fina; e 3 g kg⁻¹ de areia grossa. Nas duas safras

seguintes (97/98 e 98/99), foram instaladas três parcelas de 360 m² (12 x 30 m), todas com a aplicação do herbicida, e o solo no local apresentava as seguintes características: $pH_{(água)}$ de 5,4; $pH_{(SMP)}$ de 5,9; 17,7 mg dm⁻³ de P; 89 mg dm⁻³ de K; 0,07 cmol_c dm⁻³ de Al; 2,1 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,8 cmol_c dm⁻³ de Mg; 15 g dm⁻³ de matéria orgânica; 267 g kg⁻¹ de argila; 575 g kg⁻¹ de silte; 155 g kg⁻¹ de areia fina; e 2 g kg⁻¹ de areia grossa. Nas safras de 97/98 e 98/99, o experimento foi instalado em locais diferentes, mas dentro do mesmo quadro, delimitado por taipas permanentes.

As práticas de preparo do solo, adubação e sementeira foram executadas de acordo com as recomendações do sistema de produção de arroz irrigado no sistema pré-germinado em Santa Catarina (Epagri, 1998).

No ano de 1996/97, a sementeira do arroz foi realizada no dia 11/11/96, com sementes do cultivar Epagri 108, de ciclo longo, e a aplicação do herbicida clomazone, na formulação Gamit® CE, 500 g i.a L⁻¹, na dose de 500 g i.a ha⁻¹, foi feita 13 dias após a sementeira. Na safra de 1997/98, o experimento foi instalado em 9/1/98 com o cultivar Epagri 106, ciclo precoce, e a aplicação do herbicida ocorreu em 19/01/98. No ano seguinte (1998/99), a implantação ocorreu no dia 20/11/98, com sementes do cultivar Epagri 108, e a aplicação do herbicida foi em 7/12/98. No segundo e no terceiro ano, a formulação de clomazone utilizada foi Gamit® CS, 360 g i.a L⁻¹, na dose de 500 g i.a ha⁻¹.

Nos três anos, a aplicação do herbicida foi efetuada, em forma de diluição, num volume de calda equivalente a 40 L ha⁻¹, diretamente na lâmina de água que tinha aproximadamente 10 cm de altura. O equipamento de aplicação utilizado foi uma garrafa plástica com tampa perfurada.

Na safra de 1996/97, amostras de solo e água foram coletadas antes da aplicação, nos intervalos de 1, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 dias após a aplicação do tratamento e na drenagem final (colheita). Uma amostra adicional de solo foi coletada aos 33 dias após a drenagem final (179 dias após a aplicação do herbicida). As amostras de solo foram coletadas aleatoriamente, três em cada época e em cada parcela, das quais apenas duas foram analisadas.



Nas safras de 1997/98 e 1998/99, as amostras de solo e água foram coletadas antes da aplicação e nos intervalos de 1, 2, 4, 8, 11, 16, 32 e 64 dias após aplicação do herbicida e, na drenagem final, próximo à colheita do arroz.

Em todos os anos de condução do experimento, amostras de solo foram coletadas para análise de resíduo nas parcelas com lâmina de água, com auxílio de um cilindro de PVC de 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura, e embaladas em sacos plásticos. As amostras de água foram compostas de seis subamostras de 500 mL, coletadas na parcela e misturadas, sendo retirada uma amostra analítica de 800 mL para cada parcela. Logo após a coleta, as amostras de solo e água foram armazenadas e mantidas congeladas, na ausência de luminosidade, à temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, até a sua remessa para análise de resíduos na Embrapa Meio Ambiente. Para envio ao laboratório, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo seco e transportadas via aérea.

O procedimento analítico para solo e água foi baseado no método desenvolvido pela FMC Corporation (Arabinik, 1988). Dez gramas de solo foram pesados em balão de fundo redondo de 1.000 mL e acrescentaram-se 250 mL de solução de HCl 0,25N, mantidos em refluxo por aproximadamente uma hora; o hidrolisado, filtrado ainda a quente, teve o volume ajustado para 400 mL com solução de HCl 0,25N. Uma alíquota de 200 mL foi retirada e extraída com 3 x 100 mL de hexano. Os extratos hexânicos foram combinados, lavados com 25 mL de solução saturada de bicarbonato de sódio e evaporados até aproximadamente 2 mL em evaporador rotatório, sendo transferido quantitativamente para frasco graduado de 10 mL e concentrados sob fluxo de nitrogênio, em banho-maria, a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, até 1 mL.

No caso das amostras de água, foi utilizada a extração em fase sólida, usando-se colunas de sílica C-18 SEP-PACK, VAC-3 mL. O cartucho de C-18 foi condicionado com 12 mL de acetato de etila/hexano (5/95% v/v), seco a vácuo por dois minutos e novamente condicionado com 12 mL de água bidestilada e deionizada. As amostras de água (200 mL) foram transferidas para a coluna, depois da filtração em filtro Millipore 0,45 μm ; após a passagem da amostra, os cartuchos foram totalmente

secos a vácuo. O composto foi eluído lentamente, por gravidade, com 12 mL de acetato de etila/hexano (5/95% v/v), sendo os eluatos recolhidos em frascos graduados de 5 mL e concentrados até 1 mL com corrente de nitrogênio e banho-maria, a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para validação da metodologia, foram estabelecidas as porcentagens de recuperação de resíduos de clomazone, por meio de amostras fortificadas de solo e água, utilizando-se cromatógrafo gasoso HP-6890, equipado com detector específico de nitrogênio e fósforo (NPD). As condições cromatográficas foram: coluna HP-5 (5% fenilmetil silicone), comprimento de 30 m x 0,32 μm de diâmetro interno x 0,25 μm de espessura de filme. A programação de temperatura foi de $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o injetor, $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o detector e, para o forno da coluna, partiu de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 0,8 minuto, com rampa de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ por minuto, até $220\text{ }^{\circ}\text{C}$. O fluxo de gás hélio foi de 5 mL min^{-1} (constante) para a coluna e de 10 mL min^{-1} para o auxiliar. O volume de injeção foi de 1 μL . O tempo de retenção nessas condições foi de aproximadamente 5,8 minutos. Durante cada procedimento analítico, amostras fortificadas, bem como testemunhas, foram analisadas em conjunto com as amostras de campo, todas em duplicata. A concentração do clomazone foi quantificada utilizando o método do padrão externo, calculado por interpolação em curva de regressão linear das curvas de calibração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados relativos à eficiência dos métodos analíticos para solo e água são apresentados na Tabela 1. As recuperações obtidas nas análises de solo variaram de 78,15% na maior fortificação até 92,92% na fortificação de menor concentração, com valor médio de 81,65% e desvio-padrão da média de $\pm 5,37\%$. Em se tratando de amostras de solo onde as variáveis interferentes são em grande número, a precisão analítica do método usado está dentro do esperado. Segundo a AOAC International (1995), a estimativa de desvio-padrão dessas recuperações não deve ser superior a 15% em relação ao valor médio, o que corrobora os resultados alcançados. Nas condições de operação do equipamento, os limites de detecção com detector de NPD situaram-se no patamar de $0,04\text{ mg L}^{-1}$.

Abaixo desta medida, mesmo havendo presença de clomazone, o estabelecimento de uma quantidade real se situa fora da faixa de segurança analítica. As amostras de água normalmente apresentam menor número de elementos interferentes e, dessa forma, para o procedimento analítico estabelecido há ganho significativo na velocidade de análise, eliminação de perdas de amostras durante o processo e, conseqüentemente, obtêm-se limites de detecção menores (0,001 mg L⁻¹).

Os resultados da análise de resíduos de clomazone, na formulação Gamit® 500 CE, no solo e na água, observados no ano de 1996/97, são apresentados na Tabela 2. Não foi detectada a presença de resíduo do clomazone em nenhuma das amostras da parcela testemunha, sendo ele detectado no solo das parcelas tratadas até oito dias após a aplicação. Os teores detectados foram ao redor de 0,1 mg kg⁻¹ nas amostragens realizadas um, quatro e oito dias após a aplicação (Tabela 2). Nesse mesmo ano, o período residual na água foi superior ao observado no solo, sendo a maior concentração um dia após a aplicação (0,49 mg L⁻¹). Este valor está muito próximo da quantidade de ingrediente ativo aplicado (0,5 mg L⁻¹), considerando o nível de água de 10 cm nas parcelas. Os teores de herbicida na água decresceram para 0,19 mg L⁻¹ na amostragem realizada aos quatro dias e para 0,10 mg L⁻¹ aos oito dias após a aplicação. Aos 16 dias, a quantidade de clomazone detectado na água foi em torno de 3% da aplicada. O herbicida não foi detectado na água de irrigação nas amostragens realizadas a partir dos 64 dias após a aplicação.

Tabela 2 - Resultados da análise de resíduo de clomazone no solo (média de duas amostras/época de amostragem) e na água (média de três amostras/época de amostragem), de áreas de arroz cultivadas no sistema pré-germinado. Epagri, Itajaí-SC, 1996/97

Época de amostragem (dias após a aplicação)	Resíduo no solo (mg kg ⁻¹)	Resíduo na água (mg L ⁻¹)
Testemunha (sem herbicida)	nd*	nd
1	0,125	0,490
4	0,090	0,190
8	0,105	0,100
16	nd	0,0156
32	nd	0,006
64	nd	nd
128	nd	nd
147	nd	nd
179	nd	nd

nd = resíduo não detectado.

Na Tabela 3, constata-se a presença de concentrações não-quantificáveis em amostras controle (0 DAA), na safra de 1997/1998, o que provavelmente está relacionado com alguma contaminação na coleta, no preparo da amostra ou nos coextrativos presentes, uma vez que a área de campo, local do experimento, nunca havia recebido aplicação do produto.

Os resultados das análises do clomazone, na formulação Gamit® 360 CS, apresentaram concentrações de ingrediente ativo até 24 dias após a aplicação. Em ambas as safras (1997/98 e 1998/99), a maior concentração do herbicida ocorreu no segundo dia após a aplicação. As concentrações iniciais, para as safras de 97/98 e 98/99, foram de 0,08936 mg L⁻¹ e

Tabela 1 - Eficiência de extração (% de recuperação) do herbicida clomazone em amostras fortificadas de solo e água. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, 2000

Solo			Água		
Fortificação	Concentração encontrada	Recuperação	Fortificação	Concentração encontrada	Recuperação
(mg kg ⁻¹)		(%)	(mg L ⁻¹)		(%)
0,5	0,46	92,92	0,05	0,043	85,5
0,5	0,42	83,23	0,05	0,044	88,5
1,0	0,76	75,98	0,05	0,048	95,7
1,0	0,81	81,48	0,05	0,047	93,9
2,0	1,56	78,15	-	-	-
2,0	1,56	78,15	-	-	-



0,0883 mg L⁻¹ e se dissiparam, no período de 24 dias após aplicação, para valores finais de 0,00129 mg L⁻¹ e 0,0038 mg L⁻¹ (equivalente, em média, a 2,87% do valor inicial). Observa-se, portanto, que, em relação aos estudos desenvolvidos com a formulação Gamit® 500 CE (Noldin et al., 1997), o tempo de residência na água do ingrediente ativo clomazone, na formulação Gamit 360 CS, aumentou em oito dias, indicando a necessidade de manutenção da lâmina de água por mais tempo na lavoura, visando diminuir o risco ambiental da drenagem da água.

Na análise das amostras de solo, observou-se, para a safra de 97/98, que, após o quarto dia da aplicação, os níveis de resíduo estão abaixo do limite de quantificação em solo (< 0,040 mg kg⁻¹), indicando um tempo de residência curto no ambiente, podendo isso estar relacionado com a época em que foi efetuada a aplicação (janeiro), período de temperaturas mais elevadas, comparado com os meses de novembro/dezembro, quando foi efetuada a aplicação nos demais anos (Figura 1), o que pode ter acelerado o processo de dissipação do herbicida no campo. Na safra de 98/99, houve maior variabilidade nos valores de resíduo de clomazone no solo. As maiores concentrações do herbicida ocorreram a partir do oitavo dia após a aplicação, com níveis máximos de 0,18 mg kg⁻¹ até 0,111 mg kg⁻¹ aos 16 DAA.

A partir de 24 dias, os níveis estavam abaixo do limite confiável, indicando que, da mesma forma como ocorre para a água, após 24 dias da aplicação por benzedura, pode-se efetuar a drenagem da lavoura com menor risco de contaminação nas áreas de entorno. As variações encontradas nas análises das amostras de solo são indicativas de que melhorias no processo de coleta de amostras devem ser estudadas, a fim de reduzir a variabilidade observada nos resultados. As baixas concentrações de clomazone encontradas logo após a aplicação na safra de 98/99 - 1 DAA na água e até 4 DAA no solo - podem estar associadas ao fato de que não houve tempo suficiente para o herbicida redistribuir-se na água e no solo.

O resultado do período residual de clomazone na água evidencia a necessidade de manter estática na lavoura a água tratada com o herbicida pelo período mínimo de três a quatro semanas após a aplicação. Durante esse período, a irrigação da lavoura deve ser efetuada apenas para manutenção da lâmina, evitando-se que a água com o herbicida seja drenada para rios e riachos, com risco de contaminação das águas (Hermes et al., 1999). Estudos adicionais necessitam ser realizados para avaliar o impacto que o uso de clomazone poderá causar sobre organismos não-alvos, tanto na lavoura quanto nos mananciais de água.

Tabela 3 - Resultados da análise de resíduo de clomazone em água e solo (média de três parcelas por época de coleta) em áreas de arroz irrigado no sistema pré-germinado. Epagri, Itajaí-SC, 1997/1999

Época de amostragem (dias após aplicação)	Resíduo no solo (mg kg ⁻¹)		Resíduo na água (mg L ⁻¹)	
	1997/1998	1998/1999	1997/1998	1998/1999
Testemunha	<0,040*	<0,040*	<0,001*	nd***
1	0,090	0,0366	0,08936	0,08833
2	0,140	0,0238	0,11773	0,10310
4	0,085	<0,040*	0,08994	0,04436
8	<0,040*	0,180	0,05238	0,04837
11	**	0,044	**	0,02526
16	<0,040*	0,11112	0,00649	0,00978
24	<0,040*	<0,040*	0,00129	0,00380
32	<0,040*	nd***	<0,001*	<0,001*
64	<0,040*	<0,040*	<0,001*	nd***
Colheita	<0,040*	<0,040*	<0,001*	<0,001*

* Resíduo abaixo do limite de detecção; ** Coleta não realizada; *** Resíduo não detectado.

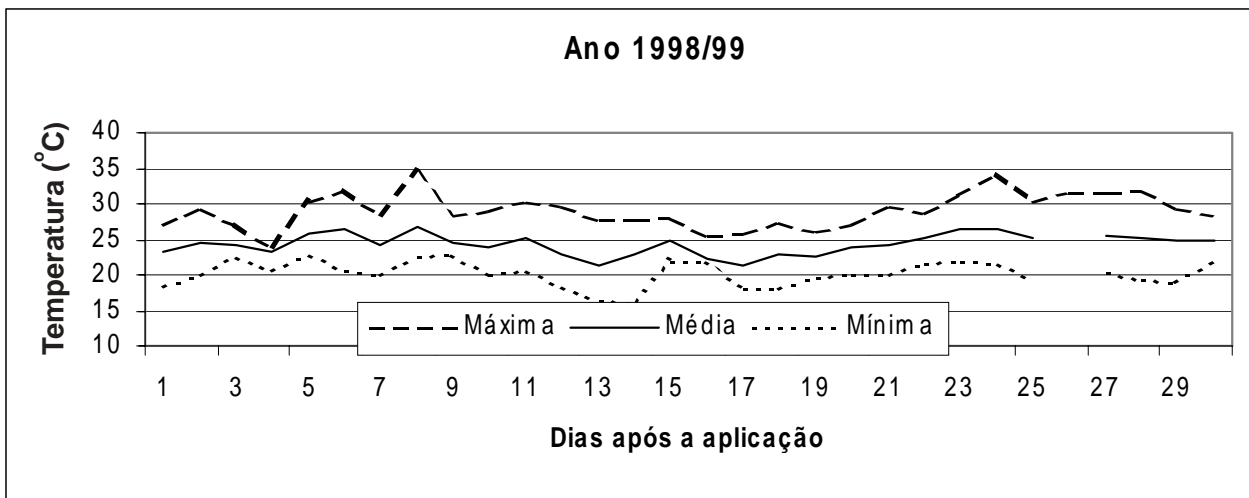
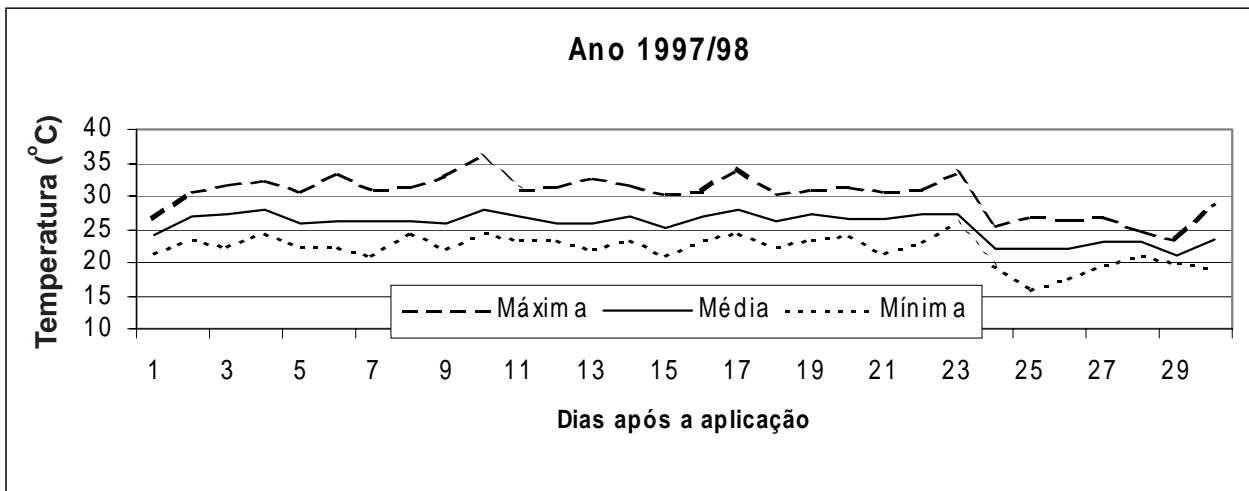
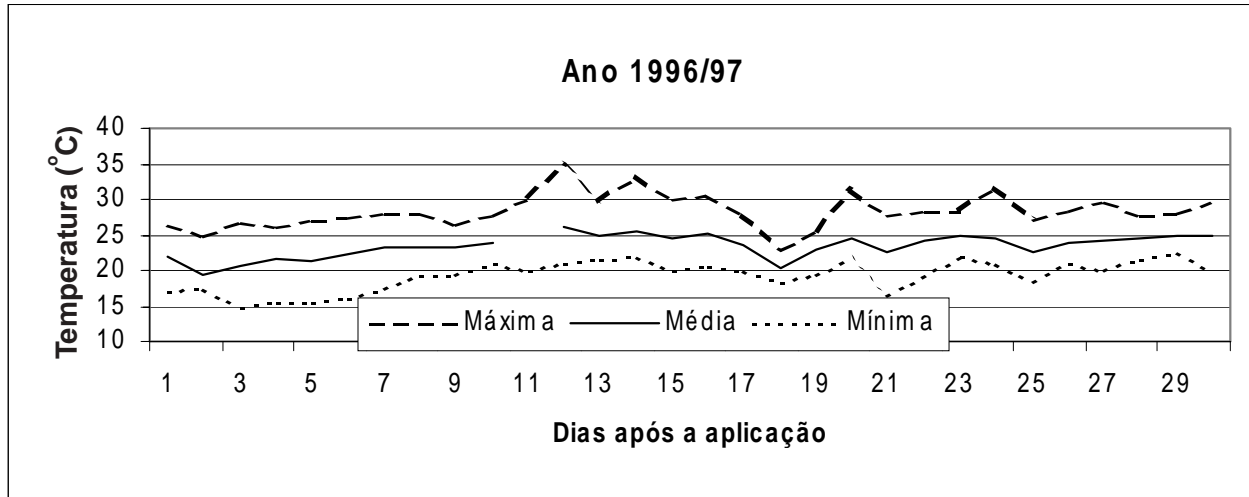


Figura 1 - Temperaturas máxima, média e mínima diárias, no período de 30 dias a partir da aplicação do herbicida, nos três anos de condução do experimento. Epagri, Estação Experimental de Itajaí, Itajaí-SC.



AGRADECIMENTOS

Aos colegas pesquisadores que anonimamente revisaram este trabalho, pelas sugestões para a melhoria deste. Ao Técnico Agrícola Estevão Tirelli e aos demais auxiliares de campo da Estação Experimental de Itajaí, pelo apoio.

LITERATURA CITADA

- AOAC International. Collaborative study guidelines. *J. AOAC Intern.*, v.78, p.143-157, 1995; ISO. **General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.** (S.I.) Organization International de Normalization, 1990. (IEC Guide, 25).
- ARABINICK, J.R. **Methodology for the determination of FMC 57020 residue in/on various crops and soils.** Princeton: FMC Corporation-Agricultural Chemical Group, 1988. 36p.
- WORTHING, C.R.; HANGE, R.H. Clomazone. In: _____. **The pesticide manual.** 9.ed. Farnham: The British Crop Protection Council, 1991. p.1781.
- EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (sistema pré-germinado).** Florianópolis, 1998. 79p. (Epagri. Sistemas de Produção, 32).
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO (Pelotas). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/Epagri, 1999. 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 56).
- FLECK, N.G. **Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado através da aplicação de herbicidas com ação seletiva.** Porto Alegre: Ed. do Autor, 2000. 32p.
- GALLAHER, K.; MUELLER, T.C. Effect of crop presence on persistence of atrazine, metribuzin, and clomazone in surface soils. *Weed Sci.*, v.44, p.698-703, 1996.
- GAMIT. Arroz irrigado. Campinas: FMC, [199-]. 12p. (Boletim Técnico).
- HERMES, L.C.; NOLDIN, J.A.; FAY, E.F.; EBERHARDT, D.S.; ROSSI, M.A. Dissipação do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1999. p.685-688.
- JOHNSON, W.G.; LAVY, T.L. Persistence of carbofuran and molinate in flooded rice culture. *J. Environ. Qual.*, v.24, p.487-493, 1995.
- KIRKSEY, K.B.; HAYES, R.M.; KRUGER, W.A.; MULLINS, C. A.; MUELLER, T.C. Clomazone dissipation in two Tennessee soils. *Weed Sci.*, v.44, p.959-963, 1996.
- LOUX, M.M.; LIEBEL, R.A.; SLIFE, F.W. Availability and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in soil. *Weed Sci.*, v.37, p.259-267, 1989.
- NOLDIN, J.A.; HERMES, L.C.; ROSSI, M.A.; FERRACINI, V.L. Persistência do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, 1997, Camboriú. *Anais...* Itajaí: EPAGRI, 1997. p.363-364.
- PEREIRA, W.E.; HOSTETTLER, F.D. Nonpoint source contamination of the Mississippi River and its tributaries by herbicides. *Environ. Sci. Technol.*, v.27, n.8, p.1542-1552, 1993.
- ROBERTS, S.R.; GORDER, N.K.; HILL, J.E.; LEE, J.M.; SCARDACI, SC. **Seepage water management: voluntary guidelines for good stewardship in rice production.** Oakland: University of California/Division of Agriculture and Natural Resources, 1998. 11p. (Publication, 21568).
- ROSS, L.J.; SAVA, R.J. Fate of thiobencarb and molinate in rice fields. *J. Environ. Qual.*, v.15, n.3, p.220-225, 1986.
- RUTLEDGE, J.S.; TALBERT, R.E.; DALDWIN, F.L.; WEBSTER, E.P.; SCHMIDT, L.A. Clomazone for weed control in rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 27, 1998, Reno, USA. **Proceedings...** College Station: The Texas Agricultural Experiment Station, 1998. p.213-214.
- WEBSTER, E.P.; BALDWIN, F.L.; DILLON, T.L. The potential for clomazone use in rice (*Oryza sativa*). *Weed Tech.*, v.13, n.2, p.390-393, 1999.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide handbook.** Champaign: 1994. p.64-66.
- WORTHING, C.R.; HANCE, R.H. Clomazone. In: _____. **The pesticide manual.** 9.ed. Farnham: The British Crop Protection Council, 1991. p.1781.