BIOATIVIDADE DO ALACHLOR E DO METRIBUZIN SOB DIFERENTES
MANEJOS DE ÁGUA NO SOLO, E EFEITOS DO METRIBUZIN, SOB ESTAS
CONDIÇÕES, EM SOJA (*Glycine max* (L.) MERRIL)

ANTONIO ALBERTO DA SILVA

Orientador : Prof. Dr. RICARDO VICTORIA FILHO

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" ,
da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor, em
Agronomia - Área de concentração
Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro-1989

S586b Silva, Antonio Alberto da
Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob
diferentes manejos de água no solo, e efeitos
de metribuzin, sob condições, em soja (Glycine
max (L.) Merril). Piracicaba, 1989.
138p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Herbicida - Bioatividade 2. Herbicida em
soja 3. Soja - Planta daninha - Controle I. Es
cola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 633.34

BIOATIVIDADE DO ALACHLOR E DO METRIBUZIN SOB DIFERENTES
MANEJOS DE ÁGUA NO SOLO, E EFEITOS DO METRIBUZIN, SOB ESTAS
CONDIÇÕES, EM SOJA (*Glycine max* (L.) MERRIL)

ANTONIO ALBERTO DA SILVA

Aprovada em: 15.05.89

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Júlio Cesar Durigan	F.C.A.V./ UNESP
Prof. Dr. Daniel Salati	F.C.A. / UNESP
Prof. Dr. Paulo Leonei Libardi	ESALQ/USP
Dr. Robert Deuber	COOPERSUCAR

Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho
- Orientador -

.iii.

Aos meus pais,

VICENTE e TEREZA,

À minha esposa,

TEREZA

Aos meus filhos,

DANIELE , ALEXANDRE e LETÍCIA

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho pela orientação honesta e competente, e pela amizade.
- À Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade do aperfeiçoamento.
- Ao Departamento de Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), pela cessão de aparelhos e dependências para realização dos experimentos.
- Ao Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi pelas sugestões e apoio.
- Ao Prof. Cosme Damião Cruz, ao Estatístico Nilton Dessaune Filho e ao Engº Agrº Tarcísio O. Valente pelo apoio nas análises estatísticas.
- Aos Funcionários da ESALQ, Luiz Ferrari e Aparecido Mendes, pela dedicada ajuda na condução dos experimentos.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.
- À Elisabete Aparecida Sarkis São João pelo dedicado trabalho de datilografia.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xix
RESUMO	xxviii
SUMMARY	xxx
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Influência da umidade do solo na germinação	05
2.2. Efeitos da umidade do solo na atividade dos herbicidas	07
2.3. Comportamento do alachlor no solo	11
2.4. Comportamento do metribuzin no solo	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Elaboração da curva característica de umidade	19
3.2. Experimentos com plantas-teste	19
3.2.1. Determinação da quantidade de água por vaso	19
3.2.2. Irrigação e manutenção da umidade ..	21
3.2.3. Acompanhamentos dos dados climáticos	23
3.2.4. Aplicação dos herbicidas	23

3.2.5. Experimento Nº 1 - Efeitos de períodos de seca x teores de água no solo sobre a atividade do alachlor	24
3.2.6. Experimento Nº 2 - Efeitos de períodos de seca x teores de água no solo na atividade do metribuzin	27
3.3. Experimento com a cultura da soja	30
3.3.1. Determinação de quantidade de água por vaso	31
3.3.1. Instalação e condução do experimento	31
3.3.3. Delineamento experimental	33
4. RESULTADOS	36
4.1. Bioatividade do alachlor em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca.	36
4.2. Bioatividade do metribuzin em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca	59
4.3. Efeitos de doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja	81
4.3.1. Efeitos sobre a biomassa da parte aérea	81

4.3.2. Efeitos sobre a biomassa seca da raiz	84
4.3.3. Efeitos sobre o número de vagens com e sem grãos.....	86
4.3.4. Efeitos sobre o número de grãos por vaso	90
4.3.5. Efeitos sobre a biomassa de grãos	92
4.2.6. Eficiência do uso da água pelas plan- tas de soja	95
5. DISCUSSÃO	101
5.1. Bioatividade do alachlor em solos com dife- rentes teores de umidade e períodos de seca.	101
5.2. Bioatividade do metribuzin em solos com di- ferentes teores de umidade e períodos de se- ca	106
5.3. Efeitos de doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja	110
6. CONCLUSÕES	114
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE	123

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Curva de retenção de água para o solo utilizado	20
FIGURA 2. Simulador de chuva para vasos	22
FIGURA 3. Aparelhos usados para leitura dos dados climáticos (psicrômetro, termômetro de máxima e mínima e tanque classe "A" acoplado à proveta de mariotte.....	22
FIGURA 4. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de zero dia de seca após a aplicação do herbicida	38
FIGURA 5. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de cinco dias de seca após a aplicação do herbicida	40

- FIGURA 6. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 10 dias de seca após a aplicação do herbicida... 42
- FIGURA 7. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 15 dias de seca após a aplicação do herbicida... 44
- FIGURA 8. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 20 dias de seca após a aplicação do herbicida... 46
- FIGURA 9. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 24,3% em vol. do início da irrigação até a colheita... 52

- FIGURA 10. Biomassa verde de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 27,60% em vol., do início da irrigação até a colheita..... 54
- FIGURA 11. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 37,60 % em vol. do início da irrigação até a colheita 56
- FIGURA 12. Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 47,60% em vol. do início da irrigação até a colheita 58

- FIGURA 13. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de zero dia de seca após a aplicação do herbicida 61
- FIGURA 14. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de cinco dias de seca após a aplicação do herbicida..... 63
- FIGURA 15. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de 10 dias de seca, após a aplicação do herbicida 65
- FIGURA 16. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de 15 dias de seca após aplicação do herbicida..... 67

- FIGURA 17. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de 20 dias de seca após aplicação do herbicida..... 69
- FIGURA 18. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 24,30% em vol., do início da irrigação até a colheita..... 74
- FIGURA 19. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 27,60% em vol., do início da irrigação até a colheita 76

- FIGURA 20. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 37,60% em vol., do início da irrigação até a colheita 78
- FIGURA 21. Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 47,60% em vol., do início da irrigação até a colheita 80
- FIGURA 22. Biomassa seca da parte aérea de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida..... 83
- FIGURA 23. Biomassa seca da parte aérea de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida..... 83

- FIGURA 24. Biomassa seca das raízes de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida..... 85
- FIGURA 25. Biomassa seca das raízes de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida..... 85
- FIGURA 26. Número de vagens com grãos de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.. 88
- FIGURA 27. Número de vagens com grãos de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol. e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida..... 88

FIGURA 28. Número de vagens sem grãos/vaso, de soja cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol. e quatro doses de metribuzin.....	89
FIGURA 29. Número de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com 40,42% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.....	93
FIGURA 30. Número de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.....	93
FIGURA 31. Biomassa de grãos de soja, cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.....	94
FIGURA 32. Biomassa de grãos de soja, cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.....	94

- FIGURA 33. Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com 40,42% em vol. de umidade na presença de doses de metribuzin e a evaporação potencial 98
- FIGURA 34. Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com 27,66% em vol., de umidade na presença de doses de metribuzin e a evaporação potencial 98
- FIGURA 35. Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com alto e baixo teor de umidade e a evaporação potencial... 99
- FIGURA 36. Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com alto e baixo teor de umidade, na presença do metribuzin (480 g/ha do p.a.) e a evaporação potencial 99
- FIGURA 37. Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia. Ensaio com zero dia de seca após a aplicação do alachlor 123

FIGURA 38. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com cinco dias de seca após a aplicação do alachlor.....	123
FIGURA 39. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com dez dias de seca após a aplicação do alachlor.....	124
FIGURA 40. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com quinze dias de seca após a aplicação do alachlor.....	124
FIGURA 41. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com vinte dias de seca após a aplicação do alachlor.....	125
FIGURA 42. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com vinte dias de seca após a aplicação do metribuzin.....	125
FIGURA 43. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com zero dia de seca após a aplicação do metribuzin.....	126
FIGURA 44. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com cinco dias de seca após a aplicação do metribuzin.....	126

FIGURA 45. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com dez dias de seca após aplicação do metribuzin.....	127
FIGURA 46. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com quinze dias de seca após a aplicação do metribuzin.....	127
FIGURA 47. Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia, durante a condução do experimento com soja.....	128

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Características químicas e físicas do solo Terra Roxa Estruturada utilizado nos experimentos em casa-de-vegetação - Piracicaba. 1988.....	18
TABELA 2. Umidade do solo no momento da aplicação dos herbicidas, tensão de água no solo mantida após o início da irrigação, por - centagem de umidade correspondente e massa de água adicionada por vaso.....	21
TABELA 3. Doses de alachlor associadas a teores de umidade do solo, mantidos após início das irrigações.....	25
TABELA 4. Esquema da análise de variância utilizada para o ensaio Nº 2 (Efeitos de períodos de seca x teores de umidade do solo sobre a atividade do alachlor.....	26
TABELA 5. Doses de metribuzin associadas a teores de umidade do solo, em vasos, mantidos após o início das irrigações.....	27

TABELA 6. Esquema da análise de variância utilizada para o experimento Nº 1 (Efeitos de períodos de seca e teores de água no solo sobre a atividade do metribuzin).....	29
TABELA 7. Umidade do solo no momento da aplicação dos herbicidas, tensão de água no solo após início da irrigação, porcentagem de umidade correspondente e massa de água adicionada por vaso.....	31
TABELA 8. Doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca após a aplicação do metribuzin.....	34
TABELA 9. Esquema da análise de variância utilizado para o ensaio: Efeitos de doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja	35
TABELA 10. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988.....	37

TABELA 11. Resumo da análise de variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988.....	39
TABELA 12. Resumo da análise da variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988.....	41
TABELA 13. Resumo da análise da variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988.....	43
TABELA 14. Resumo da análise da variância e da Regressão dos dados de biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988.....	45

TABELA 15. Resumo da análise da variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	51
TABELA 16. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	53
TABELA 17. Resumo da análise de variância e da regressão dos dados de biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	55

TABELA 18. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	57
TABELA 19. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988.....	60
TABELA 20. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988.....	62
TABELA 21. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988.....	64

TABELA 22. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988.....	66
TABELA 23. Resumo da análise de variância e da regressão de dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988.....	68
TABELA 24. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação dos herbicidas. Piracicaba, SP, 1988.....	73

TABELA 25. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	75
TABELA 26. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	77
TABELA 27. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados da biomassa verde e bioamssa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988.....	79

TABELA 28. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados de biomassa seca da raiz e da parte aérea de plantas de soja/vaso, cultivadas em solo com quatro doses de metribuzin e submetidas a três períodos iniciais de seca. Piracicaba, SP, 1988.....	82
TABELA 29. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados de número vagens com grãos e do número de vagens sem grãos / vaso, cultivado com plantas de soja, em solo com quatro doses de metribuzin e submetidos a três períodos iniciais de seca. Piracicaba, SP, 1988.....	87
TABELA 30. Resumo da análise da variância e da regressão dos dados de número de grãos e peso de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com quatro doses de metribuzin e submetidas a três períodos iniciais de seca. Piracicaba, SP, 1988.....	91

TABELA 31. Volume de água gasto para produzir um grama de biomassa seca do caule de plantas de soja, cultivada sob diferentes doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca....	97
TABELA 32. Volume de água gasto para produzir um grama de grãos de soja, cultivada sob diferentes doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca.	97
TABELA 33. Médias de biomassa verde, em gramas / vaso, de plantas de sorgo em função de doses de alachlor, teores de água no solo e períodos iniciais de seca...	133
TABELA 34. Médias de biomassa seca, em gramas/vaso, de plantas de sorgo em função de doses de alachlor, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.....	134
TABELA 35. Médias de biomassa verde, em gramas/vaso, de plantas de pepino em função de doses de metribuzin, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.....	135

TABELA 36. Médias de biomassa seca, em gramas/va so, de plantas de pepino em função de doses de metribuzin, teores de água no solo e períodos iniciais de seca..	136
TABELA 37. Efeitos de doses de metribuzin x teo- res de água no solo e períodos ini - ciais de seca em dias sobre a planta da soja.....	137
TABELA 38. Efeitos de doses de metribuzin x teo- res de água no solo e períodos ini - ciais de seca em dias sobre a planta de soja.....	138

BIOATIVIDADE DO ALACHLOR E DO METRIBUZIN SOB DIFERENTES
MANEJOS DE AGUA NO SOLO, E EFEITOS DO METRIBUZIN, SOB ESTAS
CONDICOES, EM SOJA (*Glycine max* (L.) MERRIL)

Autor: ANTONIO ALBERTO DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. RICARDO VICTORIA FILHO

RESUMO

Com o objetivo de definir as causas de frequen-
tes insucessos no controle de plantas daninhas na cultura da
soja, quando se utilizam herbicidas aplicados em pr-emergn-
cia, avaliaram-se a ao dos herbicidas alachlor e metribu-
zin, aplicados superfcie de um solo seco, e, tambm, a
influncia do teor de umidade do solo, em suas atividades ,
aps perodos iniciais de seca. Foram conduzidos trs expe-
rimentos no Departamento de Horticultura da ESALQ-USP, em
condies de casa-de-vegetao, utilizando-se o delineamento
experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial.
Foram avaliados os fatores: doses dos herbicidas, teores de
gua no solo e perodos de exposio dos herbicidas super-
fcies do solo seco. Nos experimentos n 1 e n 2, utiliza-
ram-se, respectivamente, como plantas teste o *Sorghum bico-*
lor L. e o *Cucumis sativus* L. colhidas 14 dias aps o incio
das irrigaes e, no experimento n 3, a cultura da soja foi
colhida no final do ciclo (150 dias aps o incio das irri-

gações). As irrigações foram sempre realizadas à superfície dos vasos, através de um simulador de chuvas, e a manutenção da umidade do solo foi feita através de duas pesagens diárias, repondo-se a água consumida.

Pôde-se concluir que a bioatividade do alachlor e do metribuzin foram dependentes do teor de água no solo. O metribuzin apresentou máxima eficiência quando manteve-se o teor de umidade do solo próximo a 37,60% em vol. e o alachlor quando próximo à saturação (47,60% em vol.). Verificou-se, também, que a bioatividade destes herbicidas tornou-se mais dependente do teor de água no solo quando submetidos a períodos iniciais de seca. Os dois herbicidas tiveram sua eficiência rapidamente diminuída após os primeiros dias da aplicação, à superfície do solo seco; entretanto, a atividade do alachlor mostrou-se mais estável após um período de cinco dias nessas condições. Observaram-se, também, efeitos estimulantes de baixas doses do metribuzin, principalmente, quando as plantas-teste se desenvolveram em condições de déficit hídrico, após um período inicial de seca. O metribuzin mostrou-se mais fitotóxico às plantas da soja quando se manteve o teor de umidade do solo mais elevado. Nessas condições, quando causou severa fitotoxicidade à cultura, este produto influenciou negativamente a eficiência do uso de água, pelas plantas de soja.

THE BIOACTIVITY OF ALACHLOR AND METRIBUZIN UNDER DIFFERENT
WATER MANAGEMENT IN THE SOIL, AND THE EFFECTS OF METRIBUZIN
UNDER THE SAME CONDITIONS, ON SOYBEAN (*Glycine max* (L.) MERRIL)

Author: ANTONIO ALBERTO DA SILVA

Adviser: Prof. Dr. RICARDO VICTORIA FILHO

SUMMARY

To identify the causes of frequent failures to control weeds in soybean fields, when herbicides are applied in pre-emergency, there were evaluated the effects in the bioactivity of alachlor and metribuzin, when they were applied to a dry soil surface, and also the effects of the humidity content on their activities, after initial dry periods. Three green-houses experiments were carried out Horticultural Departament of ESALQ-USP, in the state of São Paulo, Brazil. The study was made based on a randomized experimental delineation, with a factorial arrangement. There were evaluated: herbicides doses, water content in the soil and periods of herbicides exposure to a dry soil surface. Both experiments nº 1 and nº 2 utilized, respectively, for test plant *Sorghum bicolor* L. and *Cucumis sativus* L. harvested 14 days after the beggining of the irrigations. In the experiment nº 3, soybean was hervested at the end of the cycle (150 days after the beggining of

the irrigations). Irrigations were always applied to the surface of the vessels, through a rain simulator, and humidity content supporting was performed by two diary weighings, and the consumed water replacement.

Alachlor and metribuzin bioactivity were dependent on the humidity content.

Metribuzin presented the maximum efficiency when soil humidity content was about 37,60% em vol. and alachlor maximum efficiency occurred near the saturation point (47,60% em vol.).

Also, the bioactivity of both products was more dependent on the soil humidity content after their exposure to dry initial periods.

Both herbicides had their efficiency quickly decreased after the initial days of exposure to the dry soil surface. However, alachlor activity was more stable after a five days period under the dry soil surface condition.

Underdoses of metribuzin showed stimulative effects, mainly when test-plants were developed under water deficit conditions, after an initial dry period.

Metribuzin was more phytotoxic to soybean plants when the soil humidity content was highest. Under that condition, metribuzin was very damaging to soybean (severe phytotoxicity) and influenced negatively the water utilizing efficiency by soybean.

1. INTRODUÇÃO

Na produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), como em qualquer outra cultura, um dos riscos é a não obtenção de uma população adequada. Quando este não é alcançado, o agricultor deve ressemeiar ou optar por uma outra cultura. Qualquer das alternativas aumenta o custo de produção e reduz as chances de uma alta produtividade, pois, provavelmente, não estará semeando na época mais adequada.

Um baixo estande pode ser causado por diversos fatores: sementes de baixa qualidade e condições adversas reinantes no microclima que envolve as sementes no solo são alguns deles.

Nas condições brasileiras, a semeadura da soja, notadamente nas grandes áreas, tem sido feita em solos que não apresentam o teor adequado de água. Esta insuficiência de umidade do solo, no momento da semeadura, seguida, as vezes, por um período inicial de seca, tem prejudicado a germinação, a emergência, a lotação de plantas por área e, conseqüentemente, a produtividade. Além destes efeitos sobre a cultura, a baixa disponibilidade de água no solo apresenta, ainda, o inconveniente de reduzir a bioatividade

dos herbicidas, aplicados em pré-emergência à cultura, não permitindo um controle adequado das plantas daninhas, nesta cultura ou em outra a ser ressemeada. O desconhecimento do valor destas perdas na bioatividade dos herbicidas, para as condições brasileiras, face a um período inicial de seca, impede que o agricultor faça uma aplicação complementar, ainda em pré-emergência. Em consequência, pode ocorrer uma severa infestação de plantas daninhas, quando as condições climáticas forem favoráveis, causando aumento no custo de produção e redução na produtividade. Tem-se observado, também, um controle diferenciado de plantas daninhas, em determinados anos agrícolas, com maior ou menor incidência de chuvas. Isto é atribuído, muitas vezes, a falhas na aplicação, à ineficiência dos produtos e, principalmente, às condições climáticas durante o ciclo da cultura. Entretanto, há falta de estudos, para as condições brasileiras, que tenham avaliado os efeitos de diferentes teores de umidade do solo sobre a bioatividade dos herbicidas.

Face à importância do problema e à carência de informações a respeito do comportamento dos herbicidas aplicados em pré-emergência, mais utilizados na cultura da soja, quando submetidos a períodos iniciais de seca, desenvolveu-se este trabalho.

O objetivo é avaliar as perdas da bioatividades dos herbicidas alachlor e metribuzin, expostos a pe -

períodos de seca após as aplicações; e, também, a eficiência destes herbicidas, em solo com diferentes teores de umidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O conhecimento dos fatores que influenciam a atividade e estabilidade dos herbicidas no solo é fundamental porque, através dele, poderemos explicar o sucesso ou o fracasso desses produtos no controle das plantas daninhas, a tolerância das culturas e a persistência dos mesmos em diferentes condições ambientais (ANDERSON, 1983).

Sob o ponto de vista prático, é importante conhecer, no solo, a fração do produto que se encontra biologicamente ativa, ou seja, a atividade de um produto em um determinado tempo e em uma determinada faixa de solo. A atividade de um herbicida no solo é influenciada pelos seguintes fatores: adsorção de suas moléculas pelos colóides do solo, perda dos mesmos por volatilização e/ou lixiviação, degradação microbiológica, degradação química, fotodecomposição, absorção e degradação pelas plantas (ANDERSON, 1983). Estes fatores, juntamente com a germinação e o estabelecimento das culturas e plantas daninhas, são fortemente influenciados pelo teor de umidade do solo.

2.1. Influência da umidade do solo na germinação

A disponibilidade e o movimento da água, do solo para as raízes e sementes, são muito influenciados pelo potencial da água no solo, textura do solo, superfície de contato semente-solo, conforme relatam HADAS & RUSS (1974), sendo que estes fatores são fundamentais para a germinação e emergência das plântulas. Estudos realizados por HUNTER & ERICKSON (1952), com sementes de beterraba, milho e soja, utilizando cinco tipos de solo, com vários teores de água, mostraram que as sementes só germinaram após terem alcançado determinados teores de umidade; e estes foram atingidos a diferentes teores de água, nos diversos tipos de solo. No entanto, quando as porcentagens de umidade foram sobrepostas às curvas de tensão, a germinação das sementes de cada espécie manteve-se a mesma para todos os solos estudados. Observaram, ainda, que as sementes de milho germinaram quando o solo apresentava uma tensão de até 12,5 atm, o arroz, 7,9 atm, a beterraba, 3,5 atm e a soja, 6,6 atm; e que a germinação foi mais satisfatória à medida em que se diminuiu a tensão. A germinação ocorreu quando a semente apresentava, no mínimo, 30,5% de água para o milho, 26,5% para o arroz, 31,0% para a beterraba e 50,0% para a soja.

Trabalho realizado por PHILLIPS (1968) mostrou que o tempo necessário para que a semente de soja

absorva água suficiente para a germinação é de 95 horas , quando o solo apresenta tensão de 15 atm, 52 h a 3 atm, 42 h a 1 atm e 30 h a 1/3 atm. Verificou, ainda, que a quantidade de água requerida para a germinação decresceu com o aumento do potencial de água no solo.

PESKE & DELOUCHE (1985) avaliaram os efeitos da umidade do solo na emergência da soja cv. Davis, em dois tipos de solo. No solo franco argilo-siltoso, as condições mais favoráveis de umidade para emergência foram de 13% a 16% (de -7,0 atm a -1,9 atm); teores de umidade do solo entre 8,5% e 12% (-1,4 atm entre -0,3 atm) foram os mais favoráveis para a emergência no solo franco-arenoso. Segundo estes autores, o comportamento das sementes, em solo com teor de água muito baixo, parece similar ao que ocorre durante o armazenamento: a perda da capacidade de germinar/emergir aumenta conforme aumenta a umidade solo, temperatura e tempo de exposição. Pode-se dizer, portanto, que as sementes semeadas em solos com umidade muito baixa para a germinação estão, na realidade, armazenadas no solo, e dependendo do período de permanência, poderá haver germinação, assim que as condições adversas de umidade sejam superadas pela chuva ou pela irrigação.

Assim, o teor de umidade do solo pode afetar a germinação das sementes de várias maneiras: permitindo a germinação de uma espécie e não de outra, reduzindo a população de uma determinada cultura sendo, portanto, necessá -

rio fazer nova semeadura, não permitindo, assim, a germinação de nenhuma espécie até que ocorra chuva ou irrigação. Considerando que na maioria das culturas em escala comercial se utilizam herbicidas em pré-emergência, torna-se necessário conhecer o efeito de períodos de seca e teores de água no solo na atividade dos herbicidas.

2.2. Efeitos da umidade do solo na atividade dos herbicidas

A fase líquida do solo, constituída, essencialmente, pela água, é vital no comportamento dos herbicidas no solo (SILVA & COSTA, 1983). Segundo estes autores, a água está envolvida no movimento de nutrientes, herbicidas e outros compostos orgânicos solúveis nela, de um ponto para outro no solo, quando os espaços porosos do solo tiverem tamanho adequado para que o dito movimento seja processado.

HANCE & EMBLING (1979) avaliaram a adsorção dos herbicidas metribuzin, linuron e simazine à partículas de solo, em diferentes condições de umedecimento. Os herbicidas foram aplicados em amostras secadas ao ar, as quais foram umedecidas até um $PF = 2,5$, imediatamente após a aplicação dos herbicidas e 24 horas após. As concentrações dos herbicidas obtidas de amostras de solo, 96 horas após as aplicações, e que não foram umedecidas até 24 horas após, foram sempre menores. Com relação ao metribuzin e ao sima-

zine, as concentrações foram 50% daquelas obtidas quando os produtos foram aplicados no solo úmido, enquanto que a concentração de linuron foi de apenas 25%. Segundo os autores, diferenças tão significativas podem afetar o fenômeno de fluxo de massa e, conseqüentemente, a fitotoxicidade dos produtos.

A mobilidade de diversos herbicidas em colunas de solo, sob condições de fluxo saturado, insaturado e intermitente, foi avaliado por WEBER & WHITACRE (1982). Observaram que sob condições de fluxo insaturado, o bromacil foi considerado mais móvel que o butidazol e ambos foram muito mais móveis que o atrazine, prometone e diuron. O tebutiuron foi 30 vezes mais lixiviado sob condições de fluxo saturado em comparação com a lixiviação em fluxo não saturado. Sob condições de fluxo intermitente (saturado - não saturado) a lixiviação foi quatro vezes maior do que aquela ocorrida sob condições de fluxo não saturado.

GREEN & OBIEN (1969) utilizaram o conceito de repartição do herbicida entre o adsorvido e a solução do solo para predizer o efeito do conteúdo de água no solo sobre a concentração do herbicida na solução. As predições foram calculadas com base na medida do coeficiente de partição e os teores de água foram testados, experimentalmente, equilibrando o atrazine, com o solo de três horizontes latossólicos, contendo quatro teores de água (45 a 60%). Os efeitos da adsorção e conteúdo d'água foram preditos com

razoável acurácia, somente quando mantiveram-se as tensões de água < 15 bars. Concluíram que o principal efeito do conteúdo de água no solo, sobre a fitotoxicidade do atrazine, provavelmente, está associado ao transporte deste herbicida, que é mais sensível, à mudança no teor de água, do que a sua concentração na solução do solo.

Os efeitos do tamanho dos agregados do solo e do conteúdo de água em relação à concentração dos herbicidas metribuzin e simazine, na solução do solo, foram avaliados por HANCE (1976), que trabalhou com partículas de dois tamanhos (grande $> 2,5$ mm e pequena $< 0,5$ mm), secadas ao ar ou com 12% de água; adicionando-se água uma hora e uma semana após, à razão de 1:1. As análises da solução do solo foram realizadas 1, 24 e 48 horas após a adição da água. Para o metribuzin foi observada uma maior concentração nas soluções extraídas, logo após o molhamento de amostras com diâmetro de partículas $> 2,5$ mm; entretanto, quando se fizeram avaliações, 48 horas após as aplicações, as diferenças foram insignificantes. Não se observaram diferenças para o simazine, em relação ao tamanho dos agregados quando estes foram umedecidos.

A adsorção do prometrine pelos colóides do solo, quando aplicado em solos já umedecidos e em solos secos, com posterior aplicação de diferentes intensidades de chuva BALDWIN et alii (1975), evidenciou que, quando o

prometina foi aplicado em solo seco e simulou-se chuva, as perdas do herbicida foram de 5% ou menos da quantidade aplicada. As perdas foram muito superiores nas parcelas nas quais o solo foi umedecido, no momento da aplicação.

Os efeitos do conteúdo de umidade do solo, temperatura e concentração de eletrólitos na adsorção da atrazine, pelos colóides do solo, foram avaliados por DAO & LAVY (1978). Observaram que um decréscimo na razão água/solo e no conteúdo de umidade, e bem como o aumento da concentração de eletrólitos na solução do solo, pela adição de uma solução 0,1 M de CaCl_2 , aumentaram a adsorção do herbicida. Maior quantidade do herbicida foi adsorvida a 30°C do que a 5°C em quatro solos com tensão de 0,1 bar. Considerando a adsorção como uma reação endotérmica, os autores calcularam quantidades termodinâmicas associadas ao processo e caracterizaram a adsorção da triazina nos solos.

BURNSIDE & LIPKE (1962), em experimentos de campo e de casa-de-vegetação, observaram que a ocorrência de chuvas, imediatamente após a aplicação do amiben, aumentou, marcadamente, a sua atividade. Verificaram que menores doses do amiben, requerem maior volume de água para um bom controle das plantas daninhas; entretanto, a chuva em excesso diminuiu a sua eficiência, aumentando as perdas por lixiviação. UPCHURCH (1957), mantendo o solo com diferentes teores de umidade, após a aplicação do diuron, verificou que a redução no peso das plantas de algodão, sem o herbicida,

foi muito mais afetada pela umidade do solo, do que quando se usou o diuron. Isolando os efeitos, o autor observou que a atividade do diuron foi maior com o aumento da umidade do solo.

2.3. Comportamento do alachlor no solo

O alachlor é um herbicida seletivo, usado em pré-emergência, para controlar várias espécies de plantas daninhas (gramíneas anuais e folhas largas) em culturas de soja, algodão, amendoim, café, cana-de-açúcar, girassol, mandioca e milho (ALMEIDA & RODRIGUES, 1988). Devido a sua alta seletividade para a cultura da soja, é um dos produtos largamente utilizados em pré-emergência nesta cultura, no Brasil. Todavia, o grau de controle oferecido pelo alachlor e, também, a sua seletividade para algumas culturas, são muito influenciados por fatores climáticos e edáficos. ALMEIDA & RODRIGUES (1988) afirmam que, para o alachlor ser eficiente, é preciso que seja aplicado em solo úmido ou ocorra uma chuva de 10 a 15 mm, logo após a sua aplicação. HARVEY & DEVISETTY (1972) e JORDAN & HARVEY (1978) verificaram que a tolerância da cultura do milho e ervilha a este produto diminui com o aumento da umidade e diminuição da temperatura.

A influência de fatores climáticos e edáficos sobre a seletividade de alachlor na cultura do feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.) foi também avaliada por PUTNAN & RICE (1979), que compararam aplicações do alachlor em pré-plantio incorporado e em pré-emergência à superfície do solo. Verificaram que, sob condições de campo, a máxima injúria ocorreu quando as temperaturas, durante a germinação, foram baixas e a precipitação pluviométrica mínima; ou quando a temperatura aproximou-se ou foi superior a 27°C e o solo permaneceu saturado. Estes autores atribuíram esta resposta significativa do alachlor à umidade do solo e à temperatura, à absorção deste produto pelas plantas. Segundo estes autores, o alachlor pode ser absorvido pelo epicôtilo do feijão antes da emergência. Afirmam que se ocorrer uma chuva de elevada intensidade, imediatamente após a aplicação do alachlor, a maior parte do produto pode mover-se para baixo da zona de absorção das plântulas, durante a emergência, diminuindo a atividade do produto. Caso o produto fique localizado no solo numa faixa ideal para absorção, e ocorram temperaturas baixas durante a germinação, a emergência ocorrerá lentamente, aumentando o período de exposição do produto à zona de absorção (raízes e epicôtilo) e o alachlor terá maior atividade. Conseqüentemente, temperaturas altas durante a emergência, implicam em menor tempo de exposição do produto à zona de absorção e, portanto, menor atividade do alachlor. A maior atividade do alachlor sobre a cultura da batata foi também verificada quando as temperaturas eram baixas, durante a emergência da

cultura BELOTE & MONACO (1977). Outro estudo que avaliou a influência de diversos fatores na atividade dos herbicidas, pertencentes ao grupo das acetanilidas, foi realizado por JORDAN & HARVEY (1980). Observaram que a maior redução em peso da ervilha (*Pisum sativum*) ocorreu quando suas raízes foram expostas aos herbicidas, em comparação com o caule (7 - 20% para exposição do caule e 15 - 40% para exposição das raízes). Quando se expôs a planta inteira, a média de redução de biomassa do caule e das raízes, foi, respectivamente, de 47 e 69%. Segundo estes autores, estas respostas indicam que as raízes da ervilha são os sítios primários de absorção das acetanilidas e suportam a teoria de que é necessário certo volume de chuva para a lixiviação destes herbicidas até as raízes das plantas daninhas, onde vão atuar com maior intensidade. Ainda com relação à umidade do solo, REINHADT & NEL (1981) verificaram que a atividade do alachlor foi alta em solos saturados (2 x capacidade de campo), mas foi muito baixa em solo seco.

Com relação à persistência e degradação dos herbicidas pertencentes ao grupo das acetanilidas no solo, sob diferentes graus de umidade, ZINDAHL & CLARCK. (1982) verificaram que a taxa de degradação do alachlor e metolachlor, em solos com 50% e 80% da capacidade de campo, foi maior do que aquela ocorrida em solos com 20% da capacidade de campo. Verificaram, também, que a degradação do alachlor e do metolachlor, em solos com 50% da capacidade de

campo, foi maior em temperaturas mais elevadas.

BEESTMAN & DEMING (1974) afirmam que a principal rota de dissipação das acetanilidas no solo é através da degradação microbiológica e que a volatilização só é um fator significante quando o solo está saturado e ocorrem ventos fortes. O alachlor também pode ser inativado (adsorvido) em solos que apresentam altos teores de argila e/ou matéria orgânica (ESHEL, 1968; PUTNAN & RICE, 1979 e PETER & WEBER, 1985a).

2.4. Comportamento do metribuzin no solo

O metribuzin é um herbicida largamente utilizado na cultura da soja em plantio direto e convencional, sendo ainda recomendado para as seguintes culturas: aspargo, batata, café, cana-de-açúcar e mandioca (ALMEIDA & RODRIGUES, 1988). Na cultura da soja, o metribuzin pode ser aplicado em pré-plantio incorporado, isoladamente ou em mistura de tanque com trifluralin, e em pré-emergência, isoladamente ou em mistura de tanque com graminicidas. No sistema de plantio direto, o metribuzin também pode ser usado isoladamente ou em mistura com outros graminicidas residuais como metolachlor, alachlor e pendimethalin.

Com relação à persistência média do solo nas doses recomendadas, a meia-vida do metribuzin, em diferentes tipos de solo, varia muito com as condições edafo-climáti -

cas. A persistência é maior sob temperaturas baixas e/ou umidade do solo (ALMEIDA & RODRIGUES, 1988). Segundo estes autores e outros (CAMPANHOLA *et alii*, 1982 e BLANCO *et alii*, 1983) a meia-vida do metribuzin com relação a doses normais de aplicação, nas condições brasileiras, é em torno de um a dois meses, não se verificando níveis fitotóxicos de uma safra para outra; entretanto, não existe nenhum estudo que tenha avaliado as perdas em função de um período inicial de seca. SAVAGE (1977) observou que, para as condições dos Estados Unidos da América (EUA), o metribuzin apresentou uma meia vida de 17 a 28 dias, em seis solos. Segundo este autor, a atividade microbiológica do solo parece ser um mecanismo importante pelo qual o metribuzin é dissipado no solo, pois a degradação do herbicida é mais rápida em solo enriquecidos com glucose ou não esterilizados, em comparação com os solos autoclavados. Para SHARON & STEPHENSON (1979) a persistência do metribuzin depende principalmente, da degradação microbiológica, influenciando outros fatores como fotodecomposição, lixiviação e absorção pelas plantas. HIZAK & ZIMDAHL (1974) correlacionaram a persistência do metribuzin com a temperatura do solo, encontrando valores de meia-vida do herbicida correspondentes a 329 dias, 44 dias e 16 dias, para condições de 5°C, 20°C e 25°C, respectivamente. Enquanto que LAY & ILNICKI (1974) relatam que a meia-vida do metribuzin corresponde a seis dias, à temperatura de 28°C de incubação.

Com relação à umidade do solo, BARRENTINE & MCWHORTER (1972) e COBLE & SCHRADER (1973) observaram maior fitotoxicidade do metribuzin quando o teor de umidade do solo era alto no momento da aplicação e permanecia assim por mais alguns dias. Também SHAROM & STEPHENSON (1979), avaliando quatro doses de metribuzin, em solos siltosos e orgânicos, sob três regimes de umidade, 40, 60 e 80% da capacidade de campo, verificaram que a fitotoxicidade aumentou com o teor de água no solo. Segundo estes autores, o grau de fitotoxicidade foi dependente do teor da umidade do solo, do tipo de solo, da diferença varietal e das concentrações usadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na casa-de-vegetação do Departamento de Agricultura e Horticultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP).

O solo utilizado no experimento foi coletado de uma área localizada no Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ, próximo ao posto meteorológico, solo este classificado como Terra Roxa Estruturada.

A terra foi retirada da porção superficial do solo (até 20 cm de profundidade), peneirada para a eliminação de torrões e uniformização e, em seguida, retiraram-se amostras para determinação de suas características físicas e químicas (Tabela 1).

As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UNESP-Campus de Ilha Solteira e a determinação do teor de água, no momento da semeadura, foi realizada no laboratório de herbicidas da ESALQ/USP, 15 dias após o enchimento dos vasos, após estes atingirem peso praticamente constante. Fo-

ram retiradas quatro amostras de, aproximadamente, 100 g de TFSA, as quais foram pesadas e levadas para secadas em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 horas. Em seguida, foram novamente pesadas para o cálculo do teor de água, obtendo-se o valor médio de 7,66% (em vol.).

TABELA 1. Características químicas e físicas do solo Terra Roxa Estruturada utilizado nos experimentos em casa-de-vegetação - Piracicaba. 1988.

Determinações	Valores médios
Acidez (pH)	6,6
Matéria orgânica (%)	1,21
Fósforo solúvel (ppm)	9
Potássio trocável (K^+ meq/100cm ³ de T.F.S.A.)	0,7
Cálcio (Ca^{++} meq/100cm ³ de T.F.S.A.)	6,1
Magnésio (Mg^{++} meq/100cm ³ de T.F.S.A.)	1,6
Hidrogênio + Alumínio (meq/100cm ³ de T.F.S.A.)	2,2
Alumínio (Al^{+++} meq/100cm ³ de T.F.S.A.)	0,0
Argila (%)	49,84
Silte (%)	20,40
Areia (%)	29,76

3.1. Elaboração da Curva Característica de Umidade

As amostras da terra foram colocadas em caixa plástica (tamanho 30x22x12 cm), procurando-se efetuar sua distribuição de maneira que fosse obtida densidade semelhante à que deveria ser observada no momento da semeadura, ou seja, $1,209 \text{ g/cm}^3$.

Para determinação da curva característica de umidade trabalhou-se com sete pontos e três repetições utilizando-se o funil de Buchner e a câmara de pressão de Richards. Com base nos valores obtidos em umidade à base de massa (g/g), os quais foram transformados em umidade à base de volume, elaborou-se em papel simi-log, a curva de retenção de água (Figura 1).

3.2. Experimentos com plantas-teste

3.2.1. Determinação da quantidade de água por vaso.

Após a determinação do teor de água na terra, no momento da aplicação dos herbicidas, e da sua curva de retenção, procedeu-se ao cálculo da quantidade de água necessária para cada tensão a ser utilizada nos testes. Para tanto, pesou-se cada vaso de mesmo volume ($0,75 \text{ dm}^3$), contendo porções do solo, em uma balança, com precisão de 5 g.

Considerando o teor de umidade do solo igual

FIGURA 1. Curva de retenção de água para o solo utilizado.

a 7,66% (em vol.) e a umidade desejada para cada tratamento na curva característica, determinou-se a quantidade de água a ser adicionada por tratamento, para se obter a tensão de água desejada. (Tabela 2).

TABELA 2. Umidade do solo no momento da aplicação dos herbicidas, tensão de água no solo mantida após o início da irrigação, porcentagem de umidade correspondente e massa de água adicionada por vaso.

Umidade no momento da aplicação (em vol.)	Tensão de água após início da irrigação	Umidade correspondente (em vol.)	Massa de água adicionada por vaso de 0,75 dm ³ de solo
7,66%	A= 4,00atm	24,30%	120g
7,66%	B= 0,33atm	27,60%	150g
7,66%	C= 0,07atm	37,60%	225g
7,66%	D= -0,04atm	47,60%	300g

3.2.2. Irrigação e manutenção da umidade

Após a semeadura e a aplicação dos herbicidas, observados os períodos de seca, fêz-se a irrigação dos vasos, até que atingissem a umidade desejada. A irrigação foi sempre feita à superfície dos recipientes, através de uma precipitação simulada, de 90 mm/hora, utilizando-se um simulador de chuvas para vaso (Figura 2).

FIGURA 2. Simulador de chuva para vasos

FIGURA 3. Aparelhos usados para leitura dos dados climáticos (psicrômetro, termômetro de máxima e mínima e tanque classe "A" acoplado à proveta de mariotte).

Para se evitar a drenagem, a parte interior dos vasos foi revestida por sacos plásticos de 0,05 mm de espessura. A manutenção da umidade desejada foi feita através de três pesagens diárias, completando-se, sempre que necessário, o volume de água, através do simulador de chuvas para vasos.

3.2.3. Acompanhamento dos dados climáticos

Durante todo o período experimental foram anotados, diariamente, os seguintes dados climáticos, no interior da casa-de-vegetação:

- a) Temperatura mínima
- b) Temperatura máxima
- c) Umidade relativa do ar às 8:00 horas
- d) Umidade relativa do ar às 16:00 horas
- e) Evaporação potencial

A Figura 3 mostra os aparelhos utilizados para as leituras dos dados climáticos anotados.

3.2.4. Aplicação dos herbicidas

As aplicações dos herbicidas (alachlor e metribuzin) foram realizadas na superfície dos vasos, contendo o solo seco, utilizando-se um pulverizador costal de pressão constante. A pressão utilizada na aplicação foi de $2,5 \text{ kg/cm}^2$ gastando-se o equivalente a 300 litros da solução/ha.

3.2.5. Experimento Nº 1 - Efeitos de períodos de seca x teores de água no solo sobre a atividade do alachlor.

Neste experimento, avaliou-se o efeito de cinco períodos de seca (0; 5; 10; 15 e 20 dias) após a aplicação do alachlor em solo seco (7,66% em vol.), associados a quatro teores de umidade. Na Tabela 3 são apresentados os tratamentos para o período de zero dia de seca.

Nos períodos de seca 5, 10, 15 e 20 foram utilizados os mesmos tratamentos, variando, apenas, o início da irrigação. Estas foram iniciadas, respectivamente, 5, 10, 15 e 20 dias após a aplicação do alachlor, sendo estes intervalos considerados como os períodos de seca.

Como planta-teste neste experimento utilizou-se o sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Foram plantadas 10 sementes/vaso antes da aplicação do herbicida. Cinco dias após o início da irrigação fez-se o desbaste, deixando-se oito plantas/vaso. A colheita do experimento ocorreu sempre que completava quatorze dias após o início da irrigação. As avaliações dos resultados foram feitas em função da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea das plantas de sorgo.

As pesagens foram realizadas em uma balança eletrônica com precisão de 0,01 grama.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 100 tratamentos e três repeti-

TABELA 3. Doses de alachlor associadas a teores de umidade do solo, mantidos após início das irrigações.

Alachlor Doses g/ha	Teores médios de umidade do solo (em vol.) mantidos após o início da irrigação			
-	A	B	C	D
00	24,30	27,60	37,60	47,60
400	24,30	27,60	37,60	47,60
800	24,30	27,60	37,60	47,60
1200	24,30	27,60	37,60	47,60
1600	24,30	27,60	37,60	47,60

ções. Os tratamentos, mostrados na tabela 3, consistiram em um fatorial 5 x 4 x 5 (doses de alachlor, teor de umidade e períodos de seca).

Foram realizadas, também análises independentes, para cada período de seca.

Para comparação dos efeitos das doses de alachlor, dos teores de umidade do solo e da interação doses x teores de umidade sobre a biomassa verde e biomassa seca das plantas de sorgo, usou-se a análise de regressão, com base no seguinte modelo polinomial:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

no qual $\hat{y}$ corresponde à característica em estudo, X_1 ao teor de umidade do solo, X_2 às doses de alachlor e b_n aos coeficientes de regressão.

O esquema da análise de variância utilizado está apresentado na Tabela 4.

TABELA 4. Esquema da análise de variância utilizada para o ensaio Nº 1 (Efeitos de períodos de seca x teores de umidade do solo sobre a atividade do alachlor.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Períodos de seca	4
Teor de umidade do solo	3
Doses de alachlor	4
Períodos de seca x teor de umidade do solo	12
Períodos de seca x doses de alachlor	16
Teor de umidade do solo x doses de alachlor	12
Doses de alachlor x teor de umidade x períodos de seca	48
Resíduo	200
TOTAL	299

3.2.6. Experimento Nº 2 - Efeitos de períodos de seca x teores de água no solo na atividade do metribuzin.

Neste experimento avaliou-se o efeito de cinco períodos de seca (0; 5; 10; 15 e 20 dias) após a aplicação do metribuzin em solo seco (7,66% em vol.), associados a quatro teores de umidade.

Na Tabela 5, estão apresentados os tratamentos para o período com zero dia de seca.

TABELA 5. Doses de metribuzin associadas a teores de umidade do solo, em vasos, mantidos após o início das irrigações.

Metribuzin dose g pa/ha	Teores de umidade do solo nos vasos, (em vol.) mantidos após o início da irrigação			
-	A	B	C	D
00	24,30	27,60	37,60	47,60
30	24,30	27,60	37,50	47,60
60	24,30	27,60	37,50	47,60
90	24,30	27,60	37,50	47,60
120	24,30	27,60	37,50	47,60
150	24,30	27,60	37,50	47,60
180	24,30	27,60	37,50	47,60

Nos demais períodos de seca (5; 10; 15 e 20 dias) foram utilizados os mesmos tratamentos, variando apenas o início da irrigação. Estes foram iniciados, respectivamente, aos 5; 10; 15 e 20 dias após a aplicação do metribuzin, sendo estes intervalos considerados como os períodos de seca.

Como planta-teste neste experimento, utilizou-se o pepino (*Cucumis sativus* L.), cultivar Caipira. Foram plantadas sete sementes/vaso antes da aplicação do herbicida. Cinco dias após o início das irrigações fez-se o desbaste, deixando-se quatro plantas/vaso.

A colheita dos experimentos ocorreu sempre que se completavam quatorze dias após o início da irrigação. As avaliações foram feitas em função da biomassa verde e na biomassa seca da parte aérea das plantas de pepino.

As pesagens foram realizadas em um balança eletrônica com precisão de 0,01 gramas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 140 tratamentos e três repetições.

Os tratamentos consistiram em um fatorial $7 \times 4 \times 5$ (doses de metribuzin, teores de umidade do solo e períodos de seca), conforme esquema de análise de variância apresentado na Tabela 6. Foram realizadas também análises independentes para cada período de seca.

Para comparação dos efeitos das doses de metribuzin, do teor de umidade do solo e da interação doses x teor de umidade sobre biomassa verde e a biomassa seca da parte aérea das plantas de pepino, usou-se a análise de regressão, com base no mesmo modelo polinomial utilizado no experimento nº 1.

TABELA 6. Esquema da análise de variância utilizada para o experimento Nº 2 (efeitos de períodos de seca e teores de água no solo sobre a atividade do metribuzin).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Período de seca	4
Teor de umidade do solo	3
Doses de metribuzin	6
Períodos de seca x teor de umidade do solo	12
Períodos de seca x doses de metribuzin	24
Teor de umidade x doses de metribuzin	18
Doses de metribuzin x teor de umidade x período de seca	72
Resíduos	280
TOTAL	419

3.3. Experimento com a cultura da soja - Efeitos de doses de metribuzin x teor de umidade do solo e períodos de seca sobre as plantas de soja.

Foi conduzido um experimento com a cultura da soja, visando avaliar os efeitos do herbicida metribuzin sobre as plantas, quando aplicado em solo seco e submetido a períodos de seca (0, 7 e 14 dias), seguidos por dois teores de água no solo, baixo (27,66%) e alto (40,42%). Após o início da irrigação, o teor de umidade do solo nos vasos foi mantido constante até o final do ciclo da soja.

3.3.1. Determinação da quantidade de água por vaso.

Considerando o teor de umidade do solo igual a 7,66% em vol. e a curva de retenção de umidade do solo (Figura 1), determinou-se a quantidade de água a ser adicionada em cada vaso, para que o solo atingisse o teor de umidade desejado, conforme a Tabela 7.

TABELA 7. Umidade do solo no momento da aplicação dos herbicidas, tensão de água no solo após início da irrigação, teor de umidade correspondente e massa de água adicionada por vaso.

Umidade do solo no momento da aplicação (em vol.)	Tensão de água (atm)	Teor correspondente (em vol.)	Massa de água adicionada/vaso de 2,9 dm ³ de solo
Nível baixo			
7,66%	B= 0,33 atm	27,66%	580,0 g
Nível alto			
7,66%	A= 0,062 atm	40,42%	950,0 g

3.3.2. Instalação e condução do experimento

O ensaio com a cultura da soja foi conduzido na casa-de-vegetação do Departamento de Horticultura da ESALQ. Foram utilizados vasos de plástico com 3,1 dm³ de capacidade, recobertos interiormente com um plástico de 0,05 mm de espessura para que a perda de água fosse devido apenas à evapotranspiração.

Após a adição dos fertilizantes ao solo, seguindo as recomendações para a cultura da soja, de acordo

com a análise químico do solo e a homogeneização da mistura (solo + adubo), esta foi colocada nos vasos. Após quinze dias, foram semeadas, em cada vaso, a 1,5 cm de profundidade, 7 sementes de soja do cultivar IAC-8, previamente tratados com o inoculante SMS 314 + SMS 463, proveniente do IAC-Campinas. Em seguida, foram feitas as aplicações do herbicida metribuzin, nas superfícies dos vasos, nas concentrações a serem avaliadas. Estas aplicações foram realizadas usando-se um pulverizador costal, à pressão constante de $2,5 \text{ kg/cm}^2$ com um consumo de calda equivalente à 300 l/ha.

As irrigações foram iniciadas zero, sete e quatorze dias após a aplicação do herbicida, estabelecendo-se, assim, os períodos iniciais de seca. As irrigações sempre foram feitas à superfície dos vasos. Inicialmente, até 30 dias após início da irrigação, estas foram feitas usando o simulador de chuvas para vasos. Após este período, usou-se uma mangueira com 3 mm de diâmetro, acoplada a um reservatório com água.

O controle do teor de umidade do solo nos vasos foi feito através de duas pesagens diárias (8:00 e 17:00 horas), utilizando-se uma balança de prato, com precisão de 5 gramas. A quantidade de água perdida diariamente por vaso, devido à evapotranspiração, foi anotada. Registraram-se, também, no interior da casa-de-vegetação,

durante todo o ciclo da soja, as temperaturas máxima e mínima diária e também a umidade relativa às 8:00 e 16:00 horas.

Cinco dias após a emergência das plantas de soja, fez-se o desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso, que funcionaram como unidade experimental.

As avaliações foram realizadas no final do ciclo da cultura, (150 dias após o início das irrigações) e nesta oportunidade avaliaram-se os seguintes parâmetros:

- a) Biomassa seca da parte aérea
- b) Biomassa seca das raízes
- c) Número de vagens com grãos/vaso
- d) Número de vagens com grãos/vaso
- e) Número de grãos/vaso
- f) Biomassa de grãos/vaso
- g) Consumo de água para produção de biomassa seca do caule
- h) Consumo de água para produção de grãos

3.3.3. Delineamento Experimental

Este experimento foi conduzido com blocos inteiramente casualizados, com 24 tratamentos e três repetições.

Os tratamentos, expressos na Tabela 8, consistiram em um fatorial 4 x 2 x 3 (doses de metribuzin , teor de umidade do solo e períodos de seca).

TABELA 8. Doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca após a aplicação do metribuzin.

Metribuzin (g/ha do p.a.)	Teores de umidade do solo (em vol.)		Períodos de seca após aplicação do metribuzin
00	27,66%	40,42%	0 dia
240	27,66%	40,42%	0 dia
360	27,66%	40,42%	0 dia
480	27,66%	40,42%	0 dia
00	27,66%	40,42%	7 dias
240	27,66%	40,42%	7 dias
360	27,66%	40,42%	7 dias
480	27,66%	40,42%	7 dias
00	27,66%	40,42%	14 dias
240	27,66%	40,42%	14 dias
360	27,66%	40,42%	14 dias
480	27,66%	40,42%	14 dias

Foram também realizadas análises independentes para cada período de seca. Para comparação dos diferentes efeitos dos tratamentos utilizou-se a análise de regressão ,

com base no seguinte modelo polinomial:

$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$, o qual $\hat{y}$ corresponde a característica em estudo, x_1 às doses de metribuzin, x_2 aos períodos de seca e b_n aos coeficientes da regressão. Realizaram-se, também, os testes de significância entre médias (Tukey a 5%).

A Tabela 9 apresenta o esquema da análise de variância utilizado.

TABELA 9. Esquema da análise de variância utilizado para o ensaio: Efeitos de doses de metribuzin x teor de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Doses de metribuzin	3
Teor de umidade do solo	1
Períodos de seca (época)	2
Dose x teor de umidade do solo	3
Dose x período de seca	6
Teor de umidade do solo x período de seca	2
Teor de umidade do solo x dose x período de seca	6
Resíduo	48
Total	71

4. RESULTADOS

4.1. Bioatividade do alachlor em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca

Avaliando-se os dados contidos nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 verifica-se que, para todos os períodos iniciais de seca (0; 5; 10; 15 e 20 dias), as plantas-testes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) responderam, de maneira altamente significativa, através da produção de biomassa verde e seca da parte aérea, aos diferentes teores de umidade do solo e doses de alachlor. Resposta semelhante foi observada para a interação teores de umidade do solo x doses do alachlor. Verifica-se, também, nestas tabelas, que os desvios da regressão indicam a existência de fatores importantes que não estão incluídos nos modelos utilizados. Entretanto, deve-se ressaltar que os graus de liberdade associados aos resíduos é relativamente alto, contribuindo para apresentar significância, mesmo com valores de F muito pequenos. Por este motivo, estes modelos foram aceitos, pois os mesmos, em termos práticos, foram satisfatórios, ou seja, estão associados a coeficientes de correlações elevados (Figuras 4, 5, 6, 7 e 8) e apresentam natureza estatística compatível com uma apro-

TABELA 10 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988 ^{1/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	1,082331**	0,009604**
Dose de alachlor (D)	4	4,664925**	0,057635**
Interação (A x D)	12	0,311233**	0,002628**
Regressão	19	1,349552**	0,015310**
Linear - A	1	0,298668**	0,001508*
Linear - D	1	18,14294**	0,224467**
Interação - A x D	1	1,043049**	0,003733**
Quadrática - A	1	1,950456**	0,015585**
Quadrática - D	1	0,435625**	0,004924**
Desvio da regressão	14	0,261900**	0,001015*
ERRO	40	0,031996	0,000370
C.V. (%)		27,76	25,76

^{1/} Dados referentes ao período de zero dia de seca.

* Signifivativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** Signifivativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 4 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de zero dia de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 11 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988 2/.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	4,745436**	0,038072**
Dose de alachlor (D)	4	6,513794**	0,081538**
Interação (A x D)	12	0,636055**	0,004921**
Regressão	19	2,522324**	0,026285**
Linear - A	1	0,193311*	0,003833*
Linear - D	1	24,20106**	0,279367**
Interação - A x D	1	1,601412**	0,007356**
Quadrática - A	1	4,334877**	0,002202**
Quadrática - D	1	1,525285**	0,040544**
Desvio da regressão	14	1,147732**	0,011865**
ERRO	40	0,044729	0,000808
C.V. (%)		17,60	20,52

2/ Dados referentes ao período de cinco dias de seca.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 5 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de cinco dias de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 12 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988 ^{3/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	6,007360**	0,045432**
Dose de alachlor (D)	4	6,940086**	0,061276**
Interação (A x D)	12	0,761332**	0,006146**
Regressão	19	2,890443**	0,023955**
Linear - A	1	0,064277	0,008131**
Linear - D	1	24,73390**	0,218453**
Interação - A x D	1	1,978818**	0,013069**
Quadrática - A	1	14,519913**	0,095160**
Quadrática - D	1	1,814091**	0,014483**
Desvio da regressão	14	0,84338 **	0,007561**
ERRO	40	0,044293	0,000468
C.V. (%)		13,86	13,26

^{3/} Dados referentes ao período de dez dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

$$\hat{Y} = -9.24474 + 0.663388A + 1.11034D - 0.0351407A \cdot D - 0.0087748A^2 - 0.649554D^2$$

$$R^2 = 0.785$$

Fig. 6 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 10 dias de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 13 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988 ^{4/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	0,241645**	0,007117**
Dose de alachlor (D)	4	7,371452**	0,094507**
Interação (A x D)	12	0,350572**	0,003050**
Regressão	19	1,811453**	0,022946**
Linear - A	1	0,263829**	0,022682**
Linear - D	1	20,54265**	0,249340**
Interação - A x D	1	1,150774**	0,004402**
Quadrática - A	1	0,274501**	0,000714
Quadrática - D	1	5,026965**	0,810432**
Desvio da regressão	14	0,511340**	0,005557**
ERRO	40	0,028975	0,000373
C.V. (%)		11,61	11,20

^{4/} Dados referentes ao período de quinze dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 7 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 15 dias de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 14 -Resumo da análise da variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de alachlor. Piracicaba, SP, 1988 ^{5/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	3,050475**	0,014170**
Dose de alachlor (D)	4	10,01586 **	0,105021**
Interação (A x D)	12	0,694515**	0,004230**
Regressão	19	3,028898**	0,027018**
Linear - A	1	0,515505**	0,005449**
Linear - D	1	30,937717**	0,317241**
Interação - A x D	1	4,322922**	0,020842**
Quadrática - A	1	4,594095**	0,015341**
Quadrática - D	1	4,750199**	0,0590499**
Desvio da regressão	14	0,887790**	0,006816**
ERRO	40	0,039812	0,000438
C.V. (%)		10,40	9,96

^{5/} Dados referentes ao período de vinte dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 8 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de alachlor, submetido a um período de 20 dias de seca após a aplicação do herbicida.

ximação do fenômeno biológico.

As figuras 4, 5, 6 e 8 evidenciam que aumentando-se a umidade do solo (de 24,30% para 47,60% em vol.), inicialmente ocorre incremento na produção de biomassa verde pelas plantas-testes, atingindo produção máxima quando a umidade do solo tende a valores próximos a 37,60% em vol. , decrescendo para valores maiores de umidade.

Com relação à bioatividade do alachlor (Figura 4), verifica-se que, fazendo-se irrigações logo após as aplicações deste produto, a atividade do alachlor variou com o teor de água no solo, podendo-se notar, claramente, que este herbicida foi menos ativo quando o teor de umidade do solo estava abaixo daquele que permite um ótimo desenvolvimento da cultura do sorgo e mais ativo quando o solo era mantido com valores de umidade acima do ótimo (próximo à saturação). Em condições de umidade do solo que permitem a máxima produção de biomassa seca (37,60% em vol.), o alachlor apresenta um valor do LD_{50} igual a 711 g/ha (dose que reduz em 50% a biomassa verde da parte aérea das plantas testes). Em condições de solo com menor teor de umidade, este valor tende a ser menor, ou seja, o alachlor tende a ser mais ativo e, em condições de solo próximo à saturação, este produto torna-se ainda mais eficiente. Pode-se observar, também, na figura 4 que, elevando-se o teor de umidade do solo de 37,60% para 47,60% em vol., a bioatividade do ala -

chlor aumentou em, aproximadamente, 30%.

Quando após a aplicação do alachlor em solo seco ocorre um período inicial de seca de cinco dias (Figura 5), verifica-se acentuada redução na bioatividade deste produto em solos com menores teores de umidade. Entretanto, em solos próximos à saturação, observa-se menor porcentagem de perda na bioatividade deste produto, em função do período inicial de seca.

Comparando os valores de I50 da Figura 6 (dados referentes a um período inicial de seca de 10 dias) com os valores de I50 da figura 4 (zero dia de seca), observa-se acentuada perda na bioatividade do alachlor. Verifica-se, também, que este produto apresentou maior perda na sua bioatividade, quando após o período inicial de seca o teor de umidade do solo foi mantido baixo. Assim sendo, naqueles tratamentos que, após o período de seca, manteve-se a umidade do solo um pouco abaixo daquela que permite o ótimo desenvolvimento das plantas de sorgo (27,60% em vol.), o I50 apresentou um valor igual a 1420 g/ha. Este mesmo solo, se após o período inicial de seca, foi mantido com teor de umidade próximo à saturação, apresentou valor de I50 de 930 g/ha, ou seja, o produto aumentou a sua bioatividade em, aproximadamente, 52%. Observa-se, portanto, que a interdependência entre o período inicial de seca e o posterior teor de umidade do solo após o período inicial de seca afeta a bioatividade do alachlor.

Com relação à persistência do alachlor, verifica-se que, mesmo quando exposto a períodos iniciais de seca de 15 ou 20 dias a atividade deste produto continua dependente da umidade do solo. Quanto maior o teor de umidade do solo, mais produto disponível para as plantas e maior é a sua bioatividade, exceção feita quando o teor de água do solo é muito baixo. Comparando as Figuras 4, 6 e 8, observa-se que a perda da bioatividade do alachlor, em consequência de sua exposição a períodos de seca, logo após a sua aplicação, é rápida nos primeiros dez dias, diminuindo, a seguir, a sua velocidade de inativação. Observa-se, também, que quando se aplica o produto em solo seco e a irrigação ou chuva ocorre logo após, a bioatividade do produto é menos sensível ao excesso de umidade do solo do que quando o produto é exposto a um período inicial de seca. Isto pode ser observado pelo aumento de 30% na sua bioatividade, saturando-se o solo logo após a aplicação deste produto e pelo aumento de, aproximadamente, 52%, quando esta saturação ocorre após a exposição do produto a um período inicial de seca de 10 dias.

Avaliando-se os dados contidos nas Tabelas 15, 16, 17 e 18, verifica-se que as plantas-teste de sorgo responderam de maneira altamente significativa através da biomassa verde e seca aos diferentes períodos de seca e doses de alachlor. Resposta semelhante foi também observada para a interação períodos de seca x doses de alachlor.

Observa-se, nas figuras 9, 10, 11 e 12, independente do teor de umidade do solo, que maiores produções de biomassa seca da parte aérea das plantas de sorgo foram obtidas quando as sementes ficaram expostas a maiores períodos de seca. Quanto à bioatividade do alachlor, verifica-se na figura 9 uma rápida perda da eficiência deste herbicida, quando aplicado em solo seco e exposto a um período de seca, seguido por um baixo teor de umidade do solo. Nesta figura, pode-se visualizar que uma dose de 1,2 kg/ha praticamente perde toda a eficiência quando exposta a um período inicial de seca de dez dias. Observa-se, também, que uma dose de 1,6kg/ha de alachlor exposta a cinco dias de seca ainda apresentava 100% de eficiência; entretanto, esta eficiência foi reduzida para 60%, quando ficou exposta a 20 dias de seca. Quando manteve-se o teor de umidade do solo em 27,60% em vol. e 37,60% em vol., após o período inicial de seca, verifica-se (figuras 10 e 11) maior disponibilidade do alachlor, em comparação com a situação anterior. Isto fica evidenciado pela redução da biomassa seca da parte aérea das plantas testes. Pode-se verificar, ainda, que a maior perda de eficiência deste produto ocorre nos primeiros 15 dias de seca. Para o período seguinte (15 a 20 dias), a bioatividade do alachlor permaneceu praticamente inalterada. Entretanto, quando o solo foi mantido com alto teor de umidade, próxima à saturação (Figura 12), observa-se efeito linear para perda da atividade do alachlor em função da exposição a períodos iniciais

TABELA 15. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{1/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Períodos de Seca - P	4	3,724293**	0,063075**
Dose de alachlor - D	4	2,461813**	0,052859**
Interação - D x P	16	0,149279**	0,002111**
Regressão	24	6,335385**	0,118046**
Linear - D	1	13,362279**	0,233642**
Linear - P	1	5,320395**	0,120984**
Interação - D x P	1	0,063051	0,002080*
Quadrática - P	1	0,525996**	0,004207**
Quadrática - D	1	3,301416**	0,066624**
Desvio de regressão	19	0,239980**	0,003683**
ERRO	50	0,018243	0,000453
C.V. (%)		15,05	16,90

^{1/} Experimento conduzido em solo com 24,30% de umidade (em vol.), do início da irrigação até a colheita.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

$$\bar{Y} = 0.26807 + 0.10553 P + 0.85506 D - 0.00725 D * P - 0.00200 P^2 - 0.78365 D^2$$

$$R^2 = 0.831$$

Fig. 9 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 24,3% em vol. do início da irrigação até a colheita.

TABELA 16. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{2/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	5,176651**	0,050882**
Dose de alachlor - D	4	8,595379**	0,094508**
Interação - D x P	16	0,712134**	0,003422**
Regressão	24	13,94412**	0,148813**
Linear - P	1	11,38774**	0,123840**
Linear - D	1	28,56668**	0,327600**
Interação - D x P	1	0,000171	0,001008
Quadrática - P	1	2,332057**	0,021200**
Quadrática - D	1	3,939081**	0,033439**
Desvio da regressão	19	0,611400**	0,006801**
ERRO	50	0,053536	0,000623
C.V. (%)		13,11	12,90

^{2/} Experimento conduzido em solo com 27,60% de umidade (em vol.) do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 10: Biomassa verde de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a unidade do solo em 27,66% em vol., do início da irrigação até a colheita.

TABELA 17. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{3/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	4,820946**	0,038749**
Dose do alachlor - D	4	15,07795 **	0,135202**
Interação - D x P	16	0,587708**	0,005528**
Regressão	24	20,48660 **	0,179479**
Linear - P	1	11,77674 **	0,114264**
Linear - D	1	52,68801 **	0,460373**
Interação - D x P	1	0,024398	0,000002
Quadrática - P	1	1,291672**	0,007322**
Quadrática - D	1	2,589569**	0,334404**
Desvio de Regressão	19	1,085712**	0,008887**
ERRO	50	0,034083	0,000423
C.V. (%)		11,52	12,85

^{3/} Experimento conduzido em solo com 37,60% de umidade (em vol.) do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 11 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 37,60% em vol. do início da irrigação até a colheita.

TABELA 18. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{4/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	2,892220**	0,027624**
Dose de alachlor - D	4	11,66460 **	0,113643**
Interação - D x P	16	0,582737**	0,005611**
Regressão	24	15,13955 **	0,146878**
Linear - P	1	10,45435 **	0,102965**
Linear - D	1	45,92658 **	0,442902**
Interação - D x P	1	0,973526**	0,006816**
Quadrática - P	1	0,031768	0,000252
Quadrática - D	1	0,069397	0,005351**
Desvio da regressão	19	0,053134	0,005029**
ERRO	50	0,051218	0,000468
C.V. (%)		18,45	16,92

^{4/} Experimento conduzido em solo com 47,60% de umidade (em vol.) do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

$$\hat{Y} = 1.57693 + 0.07558P - 1.09851D - 0.02848P + D$$

$$R^2 = 0.849$$

Fig. 12: Biomassa verde da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 47,60% em vol. do início da irrigação até a colheita.

de seca. Verifica-se, ainda, que nestas condições o produto apresenta maior atividade, ou seja, fica mais disponível no solo para as plantas.

4.2. Bioatividade do metribuzin em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca

Avaliando-se os dados contidos nas tabelas 19, 20, 21, 22 e 23, verifica-se que para todos os períodos iniciais de seca (0; 5; 10; 15 e 20 dias) as plantas testes de pepino (*Cucumis sativus* L. responderam de maneira altamente significativa, através da produção da biomassa verde e seca da parte aérea aos diferentes teores de umidade do solo e doses de metribuzin. Resposta semelhante foi observada para a interação teor de umidade do solo x doses de metribuzin. De maneira semelhante ao ensaio anterior verificou-se também nestas tabelas que os desvios da regressão indicaram existência de fatores importantes que não estão incluídos nos modelos utilizados. Todavia, a explicação para o aceite destes modelos é a mesma apresentada para o ensaio com o alachlor.

As figuras 13, 14, 15 e 17 evidenciam que quando se aumentou o teor de umidade do solo (24,30% para 47,60% em vol.) ocorreu incremento na produção da biomassa verde das plantas-teste. Observa-se entretanto que, possivelmente, devido à brusca queda de temperatura, verificada após período inicial de seca de quinze dias (Figura 46), a pro -

TABELA 19 - Resumo da análise da Variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988 ^{1/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	41,47639**	0,109353**
Dose de metribuzin	6	126,6391**	0,448230**
Interação (A x D)	18	10,92084**	0,032165**
Regressão	27	40,031074**	0,133165**
Linear - A	1	93,07869 **	0,247818**
Linear - D	1	694,9992 **	2,484009**
Interação - A x D	1	130,69848**	0,360337**
Quadrática - A	1	31,21728 **	0,078735**
Quadrática - D	1	4,761474 **	0,0402088**
Desvio da regressão	22	5,731083 **	0,0174702**
ERRO	56	0,726336	0,002088
C.V. (%)		24,17	22,39

^{1/} Dados referentes ao período de zero dia de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 13: Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de zero dia de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 20 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988. ^{2/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	383,4854**	0,942923**
Dose de metribuzin (D)	6	132,1295**	0,465836**
Interação (A x D)	18	16,73663**	0,049630**
Regressão	27	83,12934 **	0,241373**
Linear - A	1	1 118,320 **	2,659103**
Linear - D	1	663,2230 **	2,410613**
Interação - A x D	1	84,54786 **	0,149808**
Quadrática - A	1	28,86035 **	0,121848**
Quadrática - D	1	110,97291**	0,322909**
Desvio da regressão	22	10,86362 **	0,038763**
ERRO	56	1,041333	0,004349
C.V. (%)		13,21	14,31

^{2/} Dados referentes ao período de cinco dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 14 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de cinco dias de seca após a aplicação do herbicida.

TABELA 21 - Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988 ^{3/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	267,6741**	1,143744**
Dose de metribuzin (D)	6	63,76587**	0,324357**
Interação (A x D)	18	8,35343 **	0,036826**
Regressão	27	49,489707**	0,223713**
Linear - A	1	701,9112 **	3,077691**
Linear - D	1	261,6601 **	1,457548**
Interação - A x D	1	69,87306 **	0,340261**
Quadrática - A	1	90,81666 **	0,285839**
Quadrática - D	1	91,90869 **	0,408439**
Desvio da regressão	22	5,445881 **	0,017425**
ERRO	56	0,390341	0,001463
C.V. (%)		8,09	7,43

^{3/} Dados referentes ao período de 10 dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig.15 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin submetido a um período de 10 dias de seca, após a aplicação do herbicida.

TABELA 22 - Resumo da análise da Variância e da regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solos com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin. Piracicaba, SP, 1988 ^{4/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor de Umidade do Solo (A)	3	133,2596**	0,521120**
Dose de metribuzin (D)	6	14,50111**	0,083865**
Interação (A x D)	18	1,611931**	0,010633**
Regressão	27	19,10360**	0,083627**
Linear - A	1	235,3374**	0,646618**
Linear - D	1	54,69192**	0,340743**
Interação - A x D	1	1,675780*	0,000023
Quadrática - A	1	104,3804**	0,500995**
Quadrática - D	1	24,41949**	0,127568**
Desvio da regressão	22	4,331465**	0,029181**
ERRO	56	0,2523804	0,001076
C.V. (%)		7,31	6,96

^{4/} Dados referentes ao período de 15 dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig.16 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de 15 dias de seca após aplicação do herbicida.

TABELA 23 - Resumo da análise da Variância e da Regressão de da
dos da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea
de plantas de pepino, cultivadas em solos com
diferentes teores de umidade e doses de metribuzin .
Piracicaba, SP, 1988 5/.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Teor. de Umidade do Solo (A)	3	349,3379**	0,876432**
Dose de metribuzin (D)	6	13,46925**	0,052810**
Interação (A x D)	18	6,698081**	0,024172**
Regressão	27	46,33796**	0,125231**
Linear - A	1	885,3507**	1,818912**
Linear - D	1	45,08855**	0,210000**
Interação - A x D	1	18,30175**	0,056906**
Quadrática - A	1	119,8594**	0,563512**
Quadrática - D	1	29,94580**	0,084704**
Desvio da regressão	22	6,455139**	0,029418**
ERRO	56	0,455139	0,000845
C.V. (%)		8,41	5,73

5/ Dados referentes ao período de 20 dias de seca.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 17: Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo, com diferentes teores de umidade e doses de metribuzin, submetido a um período de 20 dias de seca após aplicação do herbicida.

dução máxima da biomassa verde da parte aérea das plantas de pepino ocorreu quando o teor de umidade do solo estava próximo a 37,60% em vol. (Figura 16). A partir deste ponto, a produção de biomassa seca decresceu.

Com relação à bioatividade do metribuzin, verifica-se (Figura 13) que, quando as irrigações foram feitas logo após a aplicação deste produto, sua atividade variou com o teor de umidade do solo, podendo-se observar, pelas inclinações das curvas, que o metribuzin foi menos eficiente em solo com teor de água baixo daquele que permite o ótimo desenvolvimento as plantas de pepino.

Comparando os resultados apresentados na figura 13 (aplicações do metribuzin seguido por irrigações) com os apresentados pela figura 14 (aplicação deste produto seguido por cinco dias de seca), verifica-se acentuada redução na bioatividade do metribuzin se exposto à superfície de solo seco por cinco dias. Observa-se, também, que esta perda na bioatividade foi maior naqueles tratamentos mantidos com menores teores de umidade no solo (24,30% em vol.), após os períodos de permanência em solo seco. Nestas condições, foram observados, também, pequenos efeitos estimulantes. Assim sendo, uma dose de 90 g/ha, que reduziu em, aproximadamente, 20% a biomassa seca das plantas-teste (Figura 14) quando se manteve o teor de água no solo próximo à saturação, passou a apresentar um pequeno estímulo ao aumento da produção de biomassa seca, destas mesmas plan

tas-teste, quando o solo foi mantido com baixo teor de água (24,30%). Este efeito pode ser observado, mais claramente, quando após a aplicação do metribuzin ocorreu um período de dez dias de seca (Figura 15). Verifica-se, nesta figura, que uma dose de 150 g/ha de metribuzin, quando se manteve um baixo teor de água no solo (24,30%), praticamente não causou nenhum efeito na produção de biomassa verde de parte aérea das plantas-teste. Entretanto, quando se utilizou esta mesma dose do metribuzin e manteve-se o solo com elevado teor de umidade (47,60% em vol.), observou-se uma redução na produção de biomassa seca destas plantas-teste de, aproximadamente, 50%. Para menores concentrações de metribuzin no solo, quando, após o período de dez dias de seca, manteve-se a umidade do solo baixa, observam-se, nitidamente, os efeitos estimulantes. Assim sendo, uma dose de 90 g/ha, que reduziu em 20% a biomassa das plantas-teste quando a umidade do solo estava próxima à saturação, passou a estimular em 30% a produção de biomassa destas mesmas plantas, quando crescidas em vasos com baixo teor de água (24,30%).

Com relação aos períodos iniciais de seca de 15 a 20 dias (Figuras 16 e 17), observam-se efeitos semelhantes aos casos anteriores, onde uma mesma dose de metribuzin pode controlar plantas daninhas ou estimular o desenvolvimento dessas plantas, dependendo unicamente da umidade do solo.

Avaliando-se os dados contidos nas tabelas 24, 25, 26 e 27, verifica-se que as plantas-teste de pepinoresponderam, de maneira altamente significativa através da produção de biomassa verde e seca da parte aérea, aos diferentes períodos de seca e doses de metribuzin. Resposta semelhante foi também observada para períodos de seca x doses de metribuzin.

As figuras 18, 19, 20 e 21 evidenciam que o efeito de períodos de seca, logo após a aplicação do metribuzin, sobre a ação residual deste herbicida, é altamente dependente do teor de umidade do solo que será mantido após o início das chuvas e/ou irrigações. Quando a umidade do solo foi mantida baixa (24,30% em vol.) a bioatividade do metribuzin foi rapidamente perdida; o produto na maior dose utilizada tornou-se totalmente inativo em períodos de até 10 dias. (Figura 18). Entretanto, quando após período inicial de seca, o teor de umidade do solo foi mantido em 27,60% em vol., verificou-se que a perda da atividade do metribuzin foi mais lenta que no caso anterior, sendo necessário um período de aproximadamente vinte dias para o desaparecimento total da bioatividade deste produto. (Figura 19). Um efeito intermediário foi observado quando o teor de umidade do solo, após o período inicial de seca, foi mantido próximo à saturação (Figura 21), sendo necessário em torno de quinze dias para o desaparecimento da bioatividade do metribuzin.

A maior persistência do metribuzin foi obser -

TABELA 24. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{1/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	6,893688**	0,050387**
Dose de metribuzin - D	6	2,944658**	0,018786**
Interação - D x P	24	0,581697**	0,001919**
Regressão	34	10,42004**	0,071092**
Linear - P	1	6,782364**	0,116678**
Linear - D	1	11,45419**	0,090933**
Interação - D x P	1	6,350868**	0,024428**
Quadrática - P	1	20,30297**	0,077390**
Quadrática - D	1	2,701280**	0,008025**
Desvio da regressão	29	0,400400	0,001478
ERRO	70	0,148443	0,000453
C.V. (%)		13,81	10,66

^{1/} Experimento conduzido em solo com 24,30% de umidade em vol., do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 18: Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 24,30% em vol. , do início da irrigação até a colheita.

TABELA 25. Resúmo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988. ^{2/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	68,14594**	0,431271**
Dose de metribuzin - D	6	48,36792**	0,269607**
Interação - D x P	24	7,386906**	0,029829**
Regressão	34	123,9007**	0,730708**
Linear - P	1	220,5674**	1,418589**
Linear - D	1	260,2604**	1,521606**
Interação - D x P	1	102,5511**	0,347295**
Quadrática - P	1	48,94542**	0,265788**
Quadrática - D	1	25,34056**	0,076864**
Desvio da regressão	29	2,841795**	0,014775**
ERRO	70	0,374937	0,001526
C.V. (%)		10,43	9,56

^{2/} Experimento conduzido em solo com 27,60% de umidade em vol., do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 19: Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 27,60% em vol. , do início da irrigação até a colheita.

TABELA 26. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{3/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	109,7070**	0,514285**
Dose de metribuzin - D	6	161,1503**	0,564257**
Interação - D x P	24	11,67162**	0,040792**
Regressão	34	282,5289**	0,759335**
Linear - P	1	205,1664**	1,178239**
Linear - D	1	894,8517**	3,108003**
Interação - D x P	1	93,59472**	0,271428**
Quadrática - P	1	92,07348**	0,559876**
Quadrática - D	1	58,96068**	0,228595**
Desvio da regressão	29	11,76558**	0,037088**
ERRO	70	0,860913	0,002510
C.V. (%)		10,62	9,30

^{3/} Experimento conduzido em solo com 37,60% de umidade em vol., do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 20: Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 37,60% em vol. , do início da irrigação até a colheita.

TABELA 27. Resumo da análise da Variância e da Regressão dos dados da biomassa verde e biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca, após a aplicação do herbicida. Piracicaba, SP, 1988 ^{4/}.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		Biomassa Verde	Biomassa Seca
Período de seca - P	4	226,4850**	0,803943**
Dose de metribuzin - D	6	122,4741**	0,466889**
Interação - D x P	24	17,49213**	0,056417**
Regressão	34	366,4512**	1,327243**
Linear - P	1	236,0235**	0,918709**
Linear - D	1	589,3407**	2,286582**
Interação - D x P	1	200,1064**	0,577752**
Quadrática - P	1	165,9279**	1,216252**
Quadrática - D	1	120,9741**	0,403630**
Desvio de regressão	29	25,80079**	0,067869**
ERRO	70	0,905953	0,003360
C.V. (%)		9,81	9,99

^{4/} Experimento conduzido em solo com 24,30% de umidade em vol., do início da irrigação até a colheita.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

$$\bar{Y} = 11.0035 + 0.52017 P - 0.01005 D + 0.00325 D * P - 0.03005 P^2 - 0.000340 D^2$$

$$R^2 = 0.636$$

Fig. 20 : Biomassa verde da parte aérea de plantas de pepino cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e submetido a cinco períodos iniciais de seca, mantendo-se a umidade do solo em 47,60% em vol. , do início da irrigação até a colheita.

vada quando manteve-se um alto teor de umidade do solo, porém abaixo do ponto de saturação (37,60% em vol.). Nestas condições, observa-se na figura 20, que mesmo após um período de vinte dias de seca o metribuzin continua mantendo parte de sua eficiência, ou seja, continua reduzindo a biomassa da parte aérea das plantas-teste, na maior concentração utilizada.

4.3. Efeitos de doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja

4.3.1. Efeitos sobre a biomassa da parte aérea

Avaliando-se os dados contidos na Tabela 28, verifica-se que houve efeitos significativos, para produção de biomassa seca da parte aérea de plantas de soja, a nível de 5% de probabilidade, para dose quadrática de metribuzin e para a interação dose x períodos de seca, quando após os períodos iniciais de seca, manteve-se o teor de umidade do solo em 27,66% em vol. Resultado semelhante foi observado para o teor mais elevado de água no solo (40,42%), alterando-se apenas o nível de significância de 5% para 1%, para a interação dose de metribuzin x período de seca.

Comparando-se as figuras 22 e 23, verifica-se que mantendo-se o teor de umidade do solo elevado, próximo a saturação (Figura 22), o metribuzin foi altamente fitotóxico às plantas de soja, reduzindo de maneira drástica a biomassa

TABELA 28 -Resumo da análise da variância e da regressão dos dados de biomassa seca da raiz e da parte aérea de plantas de soja/vaso, cultivadas em solo com quatro doses de metribuzin e submetidas a três períodos iniciais de seca. Piracicaba, SP. 1988.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios 1/		Quadrados médios 2/	
		Biomassa seca da raiz	Biomassa seca da parte aérea	Biomassa seca da raiz	Biomassa seca da parte aérea
Dose de metribuzin (D)	3	0,166891	5,137310*	3,008720**	10,68620*
Período de seca (P)	2	12,59512**	3,398450	10,91422**	5,442220
Dose x Período seca (D x P)	6	1,047110**	1,123430	1,439020	8,126180
Regressão	11	2,906720**	2,631760	3,589880**	8,336380*
Linear - D	1	0,315240	4,386050	7,376850**	8,763300
Linear - P	1	24,48235**	6,147000	21,14998**	7,683950
Interação - D x P	1	3,450940**	5,972450*	1,414520	26,26660**
Quadrática - D	1	0,002160	4,845930*	0,964390	14,79385*
Quadrática - P	1	0,708060	0,379910	0,678610	3,200490
Desvio de Regressão	6	0,502520	1,157,99	1,217398*	5,165340
ERRO	24	0,260170	1,104270	0,367863	3,310400
C.V. (%)		16,47	20,25	15,26	24,31

1/ Dados obtidos em solo com 27,66% de umidade em vol.

2/ Dados obtidos em solo com 40,42% de umidade em vol.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

$$\bar{Y} = 9,072 + 0,137D - 0,327P + 0,404D \cdot P - 4,600D^2$$

$$R^2 = 0,627$$

Fig. 22: Biomassa seca da parte aérea de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

$$\bar{Y} = 5,771 + 0,551D - 0,097P + 0,193D \cdot P - 2,950D^2$$

$$R^2 = 0,780$$

Fig. 23: Biomassa seca da parte aérea de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida.

seca da parte aérea destas, nas maiores doses utilizadas . Quando manteve-se o teor de umidade do solo baixo (27,66% em vol.), após aplicação do metribuzin, verifica-se (Figura 23) que, proporcionalmente ao caso anterior, o herbicida foi menos fitotóxico à cultura da soja.

Quando após a aplicação do metribuzin ocorrem períodos de seca, verifica-se, nas figuras 22 e 23, que este herbicida perdeu rapidamente a sua bioatividade nestas condições. Observa-se que, nas doses utilizadas, a fitotoxicidade do metribuzin à cultura da soja praticamente desapareceu quando este herbicida ficou exposto a sete dias de seca; passando, também, a apresentar algum efeito de estimulante quando o período de exposição ao solo seco foi maior.

4.3.2. Efeitos sobre a biomassa seca da raiz

Com relação à biomassa seca das raízes, observa-se (Tabela 28) que houve efeito linear significativo, a nível de 1% de probabilidade, para o período de seca e para a interação dose x período, quando manteve-se o teor de umidade do solo em 27,66% em vol. Entretanto, se após o período de seca o teor de água no solo permaneceu mais elevado, 40,42%, verifica-se um efeito linear para dose e período, a nível de 1% de probabilidade, não apresentando significância a interação.

Observando as figuras 24 e 25, verifica-se que,

Fig. 24: Biomassa seca das raízes de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida.

Fig. 25: Biomassa seca das raízes de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após aplicação do herbicida.

o efeito do período inicial de seca sobre a atividade do metribuzin, foi mais acentuado, quando após a exposição ao período de seca manteve-se o solo com baixo teor de umidade. Pode-se observar que a exposição do metribuzin, nas doses utilizadas, por sete dias em solo seco, foi suficiente para este não causar nenhum dano ao sistema radicular da soja, passando, inclusive, após este período de exposição, a estimular o crescimento do sistema radicular.

4.3.3. Efeitos sobre o número de vagens com e sem grãos

Com relação ao número de vagens com grãos, observa-se, na tabela 29, que houve efeito linear, a nível de 5% de probabilidade, apenas para o período de seca, quando após este período irrigaram-se os vasos até o solo atingir o teor de água de 27,66%. Mantendo-se após o período inicial de seca o teor de umidade do solo mais alto (40,42% em vol.), observou-se efeito linear, ao nível de 5% para dose de metribuzin e a 1% para período de seca e para interação. Com relação ao número de vagens sem grãos, verificou-se apenas efeito significativo para dose de metribuzin quando manteve-se o solo com baixo teor de água.

A figura 27 mostra que o aumento do número de vagens com grãos foi proporcional ao período de seca. Isto pode ter ocorrido devido à perda de parte da bioatividade do metribuzin quando exposto a períodos de seca, permitindo me-

TABELA 29 - Resumo da análise da Variância e da regressão dos dados de número vagens com grãos e do número de vagens sem grãos/vaso, cultivado com plantas de soja, em colo com quatro doses de metribuzin e submetidos a três períodos iniciais de seca. Piracicaba-SP - 1988.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios 1/		Quadrados médios 2/	
		Nº de vagens com grãos	Nº de vagens sem grãos	Nº de vagens com grãos	Nº de vagens sem grãos
Dose de metribuzin (D)	3	88,24983	24,66656**	193,6028	17,48225
Período de seca (P)	2	85,77766	6,861101	46,02710	13,52773
Dose x Período Seca (D x P)	6	31,77771	3,861094	188,8789*	22,23140
Regressão	11	56,99666	10,35349*	239,6028**	19,48225
Linear - D	1	40,89600	47,38424**	474,2292*	16,68648
Linear - P	1	170,6668*	10,16661	852,0411**	18,37497
Interação - D x P	1	75,59985	16,11871	711,3420**	0,267974
Quadrática - D	1	79,52688	0,785797	28,57251	35,55852
Quadrática - P	1	0,888748	5,555374	70,01586	8,680527
Desvio da Regressão	6	43,27783	5,646292	83,23783	22,45604
ERRO	24	38,27783	3,833384	73,38916	11,38898
C.V. (%)		18,63	55,06	19,70	66,88

1/ Dados obtidos em solo com 27,66% de umidade em vol.

2/ Dados obtidos em solo com 40,42% de umidade em vol.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Fig. 26 : Número de vagens com grãos de plantas de soja cultivadas em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

Fig. 27 : Número de vagens com grãos de plantas de soja cultivadas em solo com 27,66% de umidade em vol. e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

Fig.28: Número de vagem sem grãos/vaso, de soja cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol. e quatro doses de metribuzin.

lhor desenvolvimento da cultura. Comparando as figuras 26 e 27 observa-se que, mantendo-se o teor de umidade do solo alto, após um período inicial de seca, o metribuzin torna-se mais fitotóxico à cultura da soja. Pode-se observar que dose que provoca reduções significativas no número de vagens com grãos, se o solo está próximo à saturação, não apresentou efeito significativo sobre este parâmetro quando o teor de umidade do solo foi mantido baixo. Verifica-se, também, que o metribuzin perde rapidamente a sua bioatividade se aplicado à superfície de solo seco. Assim sendo, uma dose que reduz em aproximadamente, 30% o número de vagens com grãos, quando o solo é irrigado logo após o plantio, passou a estimular o desenvolvimento das plantas se o produto ficou exposto a quatorze dias de seca.

Com relação ao número de vagens sem grãos, observa-se, na figura 28, que este número foi inversamente proporcional ao aumento da dose do metribuzin. Isto somente ocorreu quando manteve-se o teor de umidade do solo baixo.

4.3.4. Efeitos sobre o número de grãos por vaso

Com relação ao número de grãos produzidos por vaso, verifica-se, na tabela 30, que mantendo-se o teor de umidade do solo baixo, após o período inicial de seca, ocorrem respostas lineares significativas ao nível de 1% de probabilidade para períodos de seca e a 5% para a intera -

TABELA 30 -Resumo da análise da variância e da regressão dos dados de número de grãos e peso de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com quatro doses de metribuzin e submetidas a três períodos iniciais de seca. Piracicaba, SP. 1988.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios 1/		Quadrados médios 2/	
		Número de grãos/va- so	Biomassa de grãos/vaso	Número de grãos/va- so	Biomassa de grãos/vaso
Dose de metribuzin (D)	3	193,88660	7,473220*	672,9617	32,53510*
Período de seca (P)	2	446,52730*	1,763630	1009,749*	10,38762
Dose x Período seca (D x P)	6	128,50530	5,743720*	474,9314	22,79657*
Regressão	11	204,05020	5,491910*	626,1792*	23,19639**
Linear - D	1	26,286600	6,889370	1766,1735*	70,71561**
Linear - P	1	876,03960**	0,147260	1998,374**	17,39103
Interação - D x P	1	466,81560*	22,37008**	2,244,196**	98,11881**
Quadrática - D	1	273,78000	9,949020*	1,663330	34,63688*
Quadrática - P	1	17,011230	3,379860	21,12524	3,384840
Desvio da regressão	6	97,436500	2,945900	142,6497	5,152150
ERRO	24	109,36100	2,243910	241,2511	7,404260
C.V. (%)		18,25	15,50	21,08	19,82

1/ Dados obtidos em solo com 27,66% de unidade em vol.

2/ Dados obtidos em solo com 40,42% de unidade em vol.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

ção. Verifica-se, também, efeito quadrático a 5% de probabilidade para dose de metribuzin. Entretanto, quando manteve-se o solo com maior teor de umidade, observaram-se respostas lineares ao nível de 5% de probabilidade para dose e a 1% para período de seca e para a interação.

Comparando as figuras 29 e 30, verifica-se que a redução do número de grãos por vaso, em função da dose de metribuzin, foi maior quando o teor de umidade do solo foi mantido mais elevado. Pode-se observar, na figura 29, que uma dose que reduziu em, aproximadamente, 50% o número de grãos por vaso, praticamente não apresentou nenhum efeito quando o metribuzin ficou exposto 14 dias em solo seco (Figura 30). Entretanto, se o solo foi mantido com teor de umidade menor, observou-se, ao final do período de 14 dias de seca, ligeiro efeito de sub-doses (estimulante).

4.3.5. Efeitos sobre a biomassa de grãos

Observa-se, na tabela 30, que o peso de grãos/vaso foi influenciado pela interação dose de metribuzin x período de seca e pela dose quadrática de metribuzin, a nível de 1% de probabilidade, se após os períodos de seca, manteve-se o teor de água no solo baixo (27,66%). Quando manteve-se este mais elevado (40,42%), observam-se resultados semelhantes ao caso anterior, entretanto, aparece um efeito linear para dose, significativo a nível de 1% de probabilidade.

Fig.29 : Número de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com 40,42% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

Fig. 30: Número de grãos de soja/vaso, cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol., quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

Fig.31: Peso de grãos de soja, cultivada em solo com 40,42% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

Fig.32: Peso de grãos de soja, cultivada em solo com 27,66% de umidade em vol. , quatro doses de metribuzin e submetido a três períodos de seca após a aplicação do herbicida.

As figuras 31 e 32 evidenciam que, mantendo-se a umidade do solo alta, o rendimento de grãos da cultura da soja torna-se mais dependente da dose correta do metribuzin, ou seja, a margem de tolerância da cultura da soja a este herbicida é maior quando o solo é mantido com menor teor de umidade. Comparando as figuras 31 e 32, verifica-se que uma dose de 0,48kg/ha do a.a. de metribuzin reduziu em, aproximadamente, 50% o rendimento de grãos, quando manteve-se o solo com elevado teor de umidade. Entretanto, esta mesma dose, quando se manteve o solo com menor teor de água, reduziu a produção de grãos em apenas 20%. Em ambos os casos, verifica-se que o metribuzin perde rapidamente a sua bioatividade se exposto à superfície de solo seco. Todavia, este processo foi mais significativo quando após o período seco o solo é mantido com elevado teor de umidade.

4.3.6. Eficiência do uso da água pelas plantas de soja

Observa-se, nas tabelas 31 e 32, que a eficiência do uso da água pelas plantas de soja praticamente não variou quando as plantas se desenvolveram em solo com baixo (27,66%) e alto (40,42%) teor de água. Aproximadamente o mesmo volume médio de água (4.000 ml) foi necessário para produzir um grama de biomassa seca de caule (Tabela 31), cultivada em solo com baixo

ou alto teor de umidade. Para condições semelhantes foram necessários, (valores médios) aproximadamente 2.000 ml de água para produzir um grama de grãos de soja, independente do grau de umidade do solo.

Com relação à interação entre teor de umidade do solo x dose de metribuzin, verifica-se, nas tabelas 31 e 32 que, mantendo-se o solo com elevado teor de umidade (40,42% em vol.), a dose de metribuzin que provocou severa fitotoxicidade à cultura da soja (0,48kg/ha do p.a.), diminuiu a eficiência do uso da água pela cultura. Quando manteve-se o solo com baixo teor de umidade (27,66% em vol.), não se verificaram diferenças significativas. Observa-se, também, nas tabelas 31 e 32 que, expondo-se o metribuzin à superfície do solo seco por um período de sete dias após a aplicação, este herbicida não causou nenhum efeito sobre a eficiência do uso da água pela cultura.

Considerando o início das irrigações, imediatamente, após a aplicação do metribuzin, observa-se, nas figuras 33 e 34, a influência de doses de metribuzin sobre a relação volume de água consumido pelas plantas de soja/evaporação potencial (E^{mp}) em ml. Comparando-se as figuras 33 (soja cultivada em solo próximo à saturação) e 34 (soja cultivada em solo com baixo teor de umidade), verifica-se efeito mais acentuado do metribuzin sobre o consumo de água pela cultura, quando esta se desenvolve em solo próximo à saturação. Estes efeitos ficam

TABELA 31. Volume de água gasto para produzir um grama de biomassa seca do caule de plantas de soja, cultivada sob diferentes doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca*.

Dose do Metribuzin em g do i.a./ha	Zero Dias de Seca		Sete Dias de Seca		Quatorze Dias de Seca	
	Teores de Umidade do Solo		Teores de Umidade do Solo		Teores de Umidade do Solo	
	27,66% em vol.	40,42% em vol.	27,66% em vol.	40,42% em vol.	27,66% em vol.	40,42% em vol.
Test.	4.274 a	3.857 b	4.436 a	4.694 a	3.888 a	3.981 a
240	4.532 a	4.418 b	4.127 a	4.729 a	3.792 a	4.206 a
360	4.142 a	3.931 b	4.134 a	4.081 a	3.404 a	3.827 a
480	5.323 a	8.302 a	4.024 a	4.024 a	3.016 a	4.080 a

* Períodos de seca ocorreram após aplicações do metribuzin.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 32. Volume de água gasto para produzir um grama de grão de soja, cultivada sob diferentes doses de metribuzin x teores de umidade do solo e períodos de seca*.

Dose do Metribuzin em g do i.a./ha	Zero Dias de Seca		Sete Dias de Seca		Quatorze Dias de Seca	
	Teores de Umidade do Solo		Teores de Umidade do Solo		Teores de Umidade do Solo	
	27,66% em vol.	40,42% em vol.	27,66% em vol.	40,42% em vol.	27,66% em vol.	40,42% em vol.
Test.	2.144 a	2.003 b	2.250 a	2.161 a	2.518 a	2.250 a
240	2.383 a	2.296 b	2.017 a	2.253 a	2.245 a	2.195 a
360	2.102 a	2.173 b	2.323 a	2.392 a	2.139 a	2.311 a
480	2.570 a	3,478 a	2.061 a	2.358 a	2.225 a	2.172 a

* Período de seca ocorreram após aplicações do metribuzin.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fig. 33- Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com 40,42% (em vol.) de umidade na presença de doses de metribuzim e a evaporação potencial.

Fig. 34- Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja, cultivada em solo com 27,66% (em vol.) de umidade na presença de doses de metribuzim e a evaporação potencial.

Fig. 35- Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja , cultivada em solo com alto e baixo teor de umidade e a evaporação potencial.

Fig. 36- Relação diária entre o consumo total de água em ml pela cultura da soja , cultivada em solo com alto e baixo grau de umidade, na presença do metribuzin (480 g/ha do p.a.) e a evaporação potencial.

mais nítidos quando se compara a figura 35 (testemunha) com a figura 36 (480 g/ha do 4.a. de metribuzin). Praticamente se iguala o consumo de água pela cultura desenvolvida em solo com alto ou com baixo teor de umidade, quando esta é seriamente injuriada pelo metribuzin.

5. DISCUSSÃO

5.1. Bioatividade do alachlor em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca

Os resultados obtidos nas determinações realizadas forneceram várias informações sobre a bioatividade do alachlor quando aplicado em solo seco e submetido a períodos iniciais de seca seguidos por diferentes teores de umidade.

Fazendo-se as irrigações logo após as aplicações do alachlor em solo seco verificou-se maior atividade deste produto quando o teor de água no solo era mantido mais elevado (próximo à saturação). Assim sendo, um acréscimo de 10% no teor ótimo de umidade do solo para o desenvolvimento das plantas-teste. (37,60% em vol.) aumentou a eficiência do alachlor em, aproximadamente, 30%.

Este resultado está de acordo com os de diversos autores (HARVEY & DEVISETTY 1972, JORDAN & HARVEY 1978 e ALMEIDA & RODRIGUES 1988), os quais afirmam ser o alachlor mais eficiente quando a umidade do solo é elevada. Segundo ALMEIDA & RODRIGUES (1988), o alachlor, para ser eficiente, precisa ser aplicado em solo úmido ou deve ocorrer uma chuva de 10 a 15 mm após a aplicação. Entretanto, nas condições

avaliadas neste experimento, o alachlor apenas teve a sua atividade aumentada quando ocorreu umidade no solo em excesso, sendo também eficiente em solo com baixo teor de água. Estes resultados podem ter ocorrido porque os experimentos foram conduzidos em condições especiais, ou seja, as irrigações foram sempre superficiais e manteve-se a umidade nos vasos praticamente constante após a primeira irrigação. Isto permitiu que em um tratamento com baixo teor de água o alachlor permanecesse na camada superficial do solo, nos vasos, próximo na região de germinação das plantas-testes. Como a embebição das sementes e, conseqüentemente, a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas são funções da umidade do solo (SÁ 1987; PHILIPS 1968 e PESKE & DELOUCHE, 1985) a umidade baixa do solo permitiu maior tempo de contato entre o herbicida e as regiões de maior absorção das plantas-teste, tornando o alachlor mais eficiente. Esta teoria é reforçada pelos trabalhos de PUTNAN & RICE (1979), os quais mostram que o tempo de exposição do alachlor à zona de maior absorção deve ser de grande importância na atividade do alachlor; e de JORDAN & HARLEY (1980), que verificaram maior eficiência do alachlor quando este foi absorvido pelo sistema radicular.

Quando se aumentou o teor de umidade do solo, a tal ponto que permitisse um ótimo desenvolvimento das plantas observou-se pequena variação na bioatividade do alachlor passando esta, também, por um ligeiro decréscimo,

voltando a aumentar a sua eficiência para teores elevados de umidade. O fato de uma pequena elevação da umidade do solo provocar diminuição na eficiência do alachlor pode ser explicado do seguinte modo: com a elevação do teor de umidade do solo, o processo de germinação das sementes das plantas-testes foi rápido e a taxa de crescimento do sistema radicular elevada, diminuindo, deste modo, o tempo de exposição do alachlor às regiões de maior absorção. Todavia, o fato de não se observar acentuada redução na bioatividade do alachlor deveu-se ao aumento da umidade do solo promover também maior liberação deste herbicida na solução do solo, compensando, em parte, o menor tempo de exposição deste herbicida às regiões de maior absorção pelas plantas-teste.

Entretanto, a elevada atividade do alachlor, quando se manteve a umidade do solo próxima à saturação, pode ser explicada pelo fato das moléculas da água competirem com as dos herbicidas por sítios de adsorção no solo (DAO & LAVY 1978). Estando o solo com baixo teor de umidade, o número de moléculas de água competindo pelos sítios de adsorção é relativamente pequeno e as moléculas do herbicida podem favoravelmente ser adsorvidas pelos colóides do solo. Sob altos teores de umidade, aumenta o número de moléculas de água livre no solo, reduzindo a adsorção das moléculas orgânicas. Assim sendo, apesar das condições de umidade do solo favorecerem a rápida germinação das sementes e o crescimento radicular, o número de moléculas de alachlor adsor-

vidas é pequeno. Como as condições em que foram realizados estes experimentos não permitiram a lixiviação do alachlor, permaneceu alta a concentração deste herbicida na solução do solo, tornando-o mais eficiente. Em condições de campo, resultados semelhantes foram observados por PUTMAN & RICE (1979), os quais constataram atividade máxima do alachlor quando a temperatura foi amena e a umidade do solo baixa ou quando a temperatura foi elevada ($> 27^{\circ}\text{C}$) e o solo permaneceu saturado.

Outro ponto importante, observado neste trabalho, foi a interdependência da bioatividade do alachlor com o teor de água no solo e períodos de exposição do produto à superfície do solo seco. Fazendo-se aplicações de alachlor em solo seco, ocorrendo irrigações ou chuvas logo após e permanecendo a umidade do solo próxima à saturação, o produto teve a sua bioatividade aumentada em, aproximadamente, 30%, quando comparado com aquele que ficou exposto em solo com teor médio de umidade. Entretanto, ocorrendo um período de seca de dez dias após a aplicação do alachlor, seguido pelas mesmas condições do caso anterior, verificou-se aumento de, aproximadamente, 50% na atividade deste produto. Acredita-se que este fato tenha acontecido porque quando um herbicida é aplicado em solo seco ocorre uma tendência de aumentar a adsorção, com o passar dos dias. Desse modo, torna-se necessário um maior teor de umidade do solo para deslocar, para a solução do solo, estas moléculas

do herbicida, que estão adsorvidas. Trabalhos de HANCE & EMBLING (1979) com metribuzin, simazine e linuron; BALDWIN *et alii* (1975) com prometrine e DAO & LAVY (1978) com atrazine confirmam que a extração de herbicidas através da solução do solo é realmente afetada pelo tempo de permanência à superfície do solo seco.

Com relação à persistência do alachlor aplicado à superfície de um solo seco, observou-se uma rápida perda inicial de sua bioatividade, até aos dez dias, estabelecendo-se no período entre dez e vinte dias. Esta rápida diminuição da eficiência do alachlor, usado nestas condições, pode ser atribuída, principalmente, a perdas por adsorção, volatilização e fotodegradação, sendo desprezíveis as perdas por degradação microbiológica, uma vez que em solo seco a atividade dos microorganismos é muito reduzida. Quanto à redução na perda da bioatividade após o período inicial de dez dias de seca, acredita-se ser devido ao processo de adsorção das moléculas do alachlor pelos colóides da superfície do solo, tornando-se mais resistentes às perdas por volatilização e/ou fotodegradação. Vale ressaltar a importância do conhecimento da interdependência entre o teor de umidade do solo e a atividade do alachlor, principalmente, quando se avalia a persistência deste produto no solo, utilizando-se bioensaios. Mantendo-se o solo com elevado teor de água, a eficiência de um bioteste com este produto poderá ser amplamente melhorada.

5.2. Bioatividade do metribuzin em solos com diferentes teores de umidade e períodos de seca

Quando se aplicou o metribuzin em solo seco e logo após fizeram-se as irrigações, mantendo-se o solo com diferentes teores de umidade, verificou-se comportamento diferente deste produto quando à sua bioatividade. De maneira semelhante ao alachlor e concordando com vários autores (BARRENTINE & MCWHORTER, 1972; COBLE & SCHRADER, 1973; SHARON & STEPHENSON, 1979 e SAVAGE, 1976, o metribuzin também apresentou maior bioatividade em solos com maiores teores de umidade.

Comportamento semelhante ao alachlor foi também observado quando o metribuzin ficou exposto por um período de cinco a dez dias à superfície de um solo seco; ou seja, existe uma interdependência entre o tempo de exposição deste herbicida à superfície do solo seco e o teor de umidade mantido a seguir. Isto foi confirmado quando se aplicou o metribuzin à superfície do solo seco variando, a seguir, o período para início das irrigações e o teor de água no solo. Se exposto por cinco dias em solo seco, mantendo-se a seguir o solo com baixo teor de umidade (24,30% em vol.), observou-se que a dose de 150 g/ha não causou nenhum efeito sobre as plantas-testes de pepino. Entretanto, esta mesma dose deste herbicida, mantendo-se o solo com elevado teor de umidade (47,60% em vol.), reduziu em, aproxi -

madamente, 50% a biomassa verde da parte aérea destas plantas-testes.

Estes resultados evidenciam a necessidade de se manter o solo com elevado teor de umidade, principalmente nos primeiros dez dias após o uso deste herbicida. Isto beneficiaria o desenvolvimento das culturas tolerantes ao metribuzin e garantiria um bom controle das plantas daninhas susceptíveis a este produto. Entretanto, vale ressaltar que, ocorrendo, logo após as aplicações do metribuzin, chuvas ou irrigações em excesso, dependendo das características químicas e físicas do solo, poderá acontecer elevada perda deste produto por lixiviação, reduzindo a eficiência da dose utilizada. Isto ocorreria porque o metribuzin apresenta alta solubilidade (ALMEIDA & RODRIGUES, 1988) e também é considerado um herbicida de mobilidade média no solo (DERMONT *et alii*, 1982; SAVAGE, 1977; BANKS & ROBISON, 1982, PETER & WEBER, 1985b), podendo ser, em alguns casos, facilmente lixiviado para regiões fora do sítio de absorção das plantas daninhas e/ou culturas. Assim sendo, em condições de campo, os resultados podem ser diferentes dos obtidos neste trabalho, pois este foi conduzido em condições especiais. Entretanto, se as condições não forem muito favoráveis à lixiviação, espera-se resultados semelhantes.

Outra observação importante neste trabalho foi o aparecimento de efeitos estimulantes do metribuzin. Este

efeito apareceu principalmente quando, após a exposição à superfície do solo seco por períodos de cinco a dez dias, manteve-se o solo com baixo teor de umidade. Em ampla revisão apresentada por AUDUS (1976), sobre efeitos de subsoes de herbicidas, considerando apenas o grupo das triazinas, as maiores evidências indicam que o aparecimento deste efeito está relacionado com o metabolismo do nitrogênio. Segundo esta hipótese, os compostos inibidores da reação de HILL, quando absorvido em baixas concentrações pelas plantas, estimulam a síntese de proteínas, reduzindo mais rápido o nitrato absorvido pelas plantas. Isto resultaria em maior crescimento da planta ou em acúmulo de proteínas em prejuízo aos carboidratos solúveis.

Contrariando os resultados mais frequentemente observados na literatura por AUDUS (1976), o aparecimento do efeito estimulante de doses sobletais ao desenvolvimento das plantas, foi observado principalmente quando a cultura se desenvolveu em condições de déficit hídrico. Entretanto, vale ressaltar que este efeito apareceu com maior significância quando o metribuzin ficou exposto à superfície do solo seco por um período de cinco a dez dias antes da primeira irrigação. Isto sugere que pode ser um de seus metabólitos o principal causador deste estímulo ao desenvolvimento da cultura.

Com relação à persistência do metribuzin aplicado à superfície de um solo seco, observa-se rápida inati-

vação deste herbicida nestas condições, além de uma interdependência entre o período de exposição ao solo seco e o teor de umidade mantido a seguir.

Considerando a baixa pressão de vapor do metribuzin (o que limitaria a sua perda pela volatilização), e a baixa atividade microbiana em solo seco, pode-se atribuir a rápida perda na bioatividade deste herbicida aos processos de adsorção de suas moléculas pelos colóides do solo e também à fotodegradação. Outro fator que, possivelmente, acelerou a degradação das moléculas do metribuzin foram as altas temperaturas ocorridas no interior da casa-de-vegetação, durante a condução dos ensaios (figuras 42, 43, 44, 45 e 46). Isto está de acordo com SAVAGE (1977) e DERMONT *et alii* (1982), os quais verificaram que, em condições normais de umidade no solo, temperaturas elevadas reduzem o tempo de atividade do metribuzin.

Quanto à interdependência entre o período de exposição à superfície de um solo seco e o teor de umedecimento a seguir, de maneira semelhante ao alachlor, as moléculas do metrinuzin são também adsorvidas pelos colóides do solo seco. Através de umedecimento do solo, as moléculas de água vão competir, com as de metribuzin, pelos sítios de adsorção, liberando parte deste herbicida na solução do solo.

Entretanto, devido, principalmente, à maior

solubilidade do metribuzin em relação ao alachlor (ALMEIDA & RODRIGUES, 1988), ao contrário do alachlor, não foi necessário saturar o solo para se atingir a máxima atividade do metribuzin, bastando-se, para isto, que o solo apresentasse o teor de umidade próximo a 37,60% em vol. Todavia, se após as aplicações do metribuzin, em solo seco, não ocorrerem chuvas ou irrigações suficientes para que o solo atinja um teor de umidade que permita o bom desenvolvimento da cultura, a eficiência no controle das plantas daninhas poderá ficar seriamente comprometida. Poderá, inclusive, ocorrer estímulo ao desenvolvimento das plantas daninhas, devido ao aparecimento do efeito de doses subletais.

5.3. Efeitos de doses de metribuzin x teor de umidade do solo e períodos de seca sobre a cultura da soja.

De maneira semelhante aos resultados observados com o metribuzin com plantas-testes, este produto mostrou-se mais ativo sobre a cultura da soja quando, logo após sua aplicação em solo seco, iniciaram-se as irrigações e manteve-se o solo com elevado teor. Isto ficou evidenciado quando se avaliou a biomassa da raiz e da parte aérea das plantas de soja (Figuras 22, 23, 24 e 25), o número e o peso de grãos (Figuras 29, 30, 31 e 32), o número de vagens com e sem grãos (Figuras 26 e 27) e a eficiência do uso da água pela cultura da soja (Tabelas 31 e 32). Estes resultados confirmam os obtidos por BARRENTINE & MCWHORTER

(1972), COBLE & SCHRADER (1973), SHAROM & STEPHENSON (1979) e PETER & WEBER (1985), os quais verificaram controle mais eficiente das plantas daninhas e/ou maior fitotoxicidade à cultura da soja quando, após aplicações de metribuzin, o solo era mantido com alto teor de umidade.

Esta maior atividade do metribuzin em solo com elevado teor de umidade provavelmente está relacionada com a maior disponibilidade deste herbicida na solução do solo para pronta absorção pelas plantas. Este produto, por apresentar alta solubilidade (1200 ppm a 20°C), de acordo com ALMEIDA & RODRIGUES (1988), é facilmente deslocado para a solução do solo, pois a água compete com suas moléculas pelos sítios de adsorção dos colóides do solo (PETER & WEBER, 1985b). Como o volume de água absorvido pela planta é maior no solo com teor mais elevado de umidade (Figura 33), é possível deduzir que ocorra, também, maior absorção do metribuzin nesta condição, aparecendo os sintomas de fitotoxicidade. Isto parece contrariar o fato de ocorrer menor consumo de água pela planta quando se aumenta a concentração do metribuzin no solo (Figuras 33 e 34); entretanto, isto pode ser explicado, pois, a diminuição de absorção de água pela cultura da soja apenas ocorreu após a ação do herbicida, que causou redução em sua área foliar.

A maior taxa de redução no consumo de água, apresentado pelas plantas, em função da dose de herbicida, em

solo com alto teor de umidade (Figura 35), em comparação com aquelas cultivadas em solo com menor teor de umidade (Figura 36), ocorreu principalmente, devido a estas plantas terem sido mais injuriados pelo metribuzin, o qual causou drástica redução na área foliar, responsável pela transpiração. Os resultados apresentados na figura 34 evidenciam este fato, pois as plantas desenvolvidas em solo com baixo teor de umidade apresentaram-se mais tolerantes ao metribuzin e, como consequência, o consumo de água por estas plantas foi menos afetado.

A redução na eficiência do uso da água para produção de biomassa seca do caule e biomassa de grãos de soja, quando ocorreu severa fitotoxicidade à cultura, pode ser atribuída à morte prematura das folhas, antes que os fotoassimilados, presentes nestas, fossem alocados para o desenvolvimento do caule e/ou grãos, além de possível interferência no processo fotossintético.

A rápida perda na bioatividade do metribuzin, exposto à superfície do solo seco, por períodos de sete e quatorze dias, evidenciada pela redução nos sintomas de fitotoxicidade à cultura da soja (Figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32), confirma os resultados obtidos com este produto com as plantas-teste. Isto traz, como consequência prática, a não recomendação deste herbicida quando o solo está seco e não existe possibilidade de irrigação ou alta probabilidade de chuva em um curto período.

É importante acrescentar que, após um período inicial de seca, a bioatividade do metribuzin fica mais dependente do teor de umidade do solo, pois, neste caso, aumenta-se a adsorção de suas moléculas pelos colóides, sendo necessário maior teor de umidade para que ocorra a dessorção. Acredita-se ser esta uma das principais causas das diferenças de controle das plantas daninhas, por este produto, em uma mesma área, quando se variam, apenas, as condições climáticas.

6. CONCLUSÕES

Após a análise e interpretação dos resultados obtidos pode-se concluir:

- a) A bioatividade do alachlor e do metribuzin foram dependentes do teor de umidade do solo. O metribuzin apresentou máxima eficiência quando manteve-se o teor de água do solo próximo a 37,60% ; e o alachlor, quando próximo à saturação (47,60%).
- b) Verificou-se interação entre período inicial de exposição à superfície do solo seco e o posterior teor de umidade do solo. A bioatividade de ambos os herbicidas tornou-se mais dependente do teor de umidade do solo, após períodos iniciais de seca.
- c) Ambos os herbicidas diminuíram rapidamente suas eficiências quando expostas à superfície do solo seco. Entretanto, o alachlor mostrou-se mais persistente.
- d) As maiores perdas de bioatividade do alachlor ocorreram até aos 10 dias de exposição à superfície do solo seco , ficando sua atividade, após este período, mais dependente do teor de umidade do solo.

- e) O metribuzin foi mais fitotóxico à cultura da soja quando manteve-se com elevado teor de umidade, o solo.
- f) O metribuzin influenciou a eficiência do uso de água pela cultura da soja apenas quando causou severa fitotoxidade à cultura.
- g) O aparecimento do efeito estimulante de baixas doses do metribuzin ocorreu com maior evidência quando as plantas se desenvolveram sob condições de déficit hídrico e após períodos iniciais de seca.
- h) Ensaio com plantas-teste visando detectar efeitos residuais do alachlor e do metribuzin em solo, serão mais precisos quando conduzidos em solos com elevado teor de umidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N. Guia de herbicidas, recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina, IAPAR, 1988, 603 p.

ANDERSON, W.P. Weed Science Principles. New York, West Publishing Company, 1983, 655 p.

AUDUS, L. J. Herbicides: Physiology, Biochemistry and ecology. Academic Press, New York, vol. 2, capítulo 11, pp. 313-345. 1976.

BANKS, P.A. & ROBINSON, E.L. The influence fo straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin . Weed Sci.,Champaign , 30:164-168. 1982.

BALDWIN, F.L.; SANTELMANN, P.W. & DAVIDSON, J.M. Prometria-
ne moviment across and through the soil. Weed Sci., Cham-
pain , 23(4):285-288, 1975.

- BARRENTINE, W.L. & MCWHORTER, C.G. Cocklebur control with BAY-94337 and bentazon in soybeans. Proc. South. Weed Soc. 25:104, 1972.
- BEESTMAN, G.B. & DEMING, J.M. Dissipation of acetanilide herbicides from soils. Agronomy Journal, Madison, 66: 308-311, 1974.
- BELOTE, J.N. & MONACO, T.J. Factors involved in alachlor injury to the potato (*Solanum tuberosum*). Weed Sci., Champaign, 25(6):482-486, 1977.
- BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.S.; SANTOS, C.A.L. & SHIBA, S. Persistência do herbicida metribuzin em solos cultivados com soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18(10):1073-1084, 1983.
- BURNSIDE, O.C. & LIPKE, W.G. The effect of applied water and preemergence applications of amiben. Weeds, Urbana, 10(2):102-103, 1962.
- CAMPANHOLA, C.; BROMILOW, R.H.; LORD, K.A. & KÜEGG, E. F. Comportamento de metribuzin e trifluralina no solo e sua absorção por soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(4):565-571, 1982.

COBLE, H.D. & SCHRADER, J.W. Soybean tolerance to metribuzin. Weed Sci., Champaign, 21(4):308-309, 1973.

DAO, T.H. & LAVY, T.L. Atrazine adsorption on soil as influenced by temperature, moisture content and electrolyte concentrations. Weed Sci., Champaign, 26(3):303-308, 1978.

DERMONT, C.B.; LAVY, T.L. & MARX, D.B. Fate of metribuzin, metolachlor and fluometuron in soil. Weed Sci., Champaign, 30:629-632, 1982.

ESHEL, Y. Phytotoxicity, leachability and site of uptake of 2-chloro-2; 6-diethyl-N-methoxymethyl acetanilide. Weed Sci., Champaign, 17:441-444, 1968.

GREEN, R.E. & OBIEN, S.R. Herbicide equilibrium in soil in relation to soil water content. Weed Sci., Champaign, 17(4):514-519, 1969.

HADAS, A. & RUSS, D. The water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity, and seed-soil water contact. Agronomy Journal, Madison, 66(5):643 - 652, 1974.

HANCE, R.J. The effect of soil aggregate size and water content on herbicide concentration in soil water. Weed Res., Oxford, 16:317-321, 1976.

HANCE, R.J. & EMBLING, S.J. Effect of soil water content at the time of application on herbicide content in soil solution extrateded in a pressure membrane apparatus . Weed Res., Oxford, 19:201-205, 1979.

HARVEY, R.G. & DEVISETTY, B.N. Factors influencing corn injury from alachlor and other herbicides. Proc. North Cent. Weed Control Cont., Memphis, 27:57, 1972.

HUNTER, J.R. & ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. Agronomy Journal, Madison, 44: 107-109, 1952.

HYZAK, D.L. & ZINDAHL, R.L. Rate of degradation of metri - buzin and two analogs in soil. Weed Sci., Champaign, 22: 75-79, 1974.

JORDAN, G.L. & HARVEY, R.G. Factors influencing activity of acetanilide herbicides on processing peas (*Pisum sativum*) and annual weeds. Weed Sci., Champaign, 28(5):589 - 593, 1980.

JORDAN, G.L. & HARVEY, R.G. Response of processing peas (*Pisum sativum*) and annual weeds to acetanilides herbicides. Weed Sci., Champaign, 26:313-317, 1978.

LAY, M.M. & ILNICKI, R.D. The residual activity of metribuzin in soil. Weed Res., Oxford, 14:289-291, 1974,

PESKE, S.T. & DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(1):69-85, 1985.

PETER, C.J. & WEBER, J.B. Adsorption mobility and efficacy of alachlor and metolachlor as influenced by soil properties. Weed Sci., Champaign, 33:874-881, 1985a.

PETER, C.J. & WEBER, J.B. Adsorption, mobility, and efficacy of metribuzin as influenced by soil properties. Weed Sci., Champaign, 33:868-873, 1985b.

PHILLIPS, R.E. Water diffusivity of germinating soybean, corn, and cotton seed. Agron. J., Madison, 60:568-571, 1968.

PUTNAM, A.R. & RICE, R.P.JR. Environmental and edaphic influences on the selectivity of alachlor on snap beans (*Phaseolus vulgaris*). Weed Sci., Champaign, 27(5):570-574, 1979.

- REINHARDT, C.F. & NEL, P.C. The effect of some environmental factors on alachlor activity. Journal of plant and soil, Hague, Netherland. 1(1)7-20, 1981.
- SÁ, M.E. Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1987, 146 p. (Tese de Doutorado. Escola Superior de Aquicultura "Luiz de Queiroz").
- SAVAGE, K.E. Adsorption and mobility of metribuzin in soil. Weed Sci., Champaign, 24(5):525-528, 1976.
- SAVAGE, K.E. Metribuzin persistence in soil. Weed Sci., Champaign, 25(1):55-59, 1977.
- SHARON, M.S. & STEPHENSON, G.R. Influence of soil moisture content on the varietal susceptibility of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to metribuzin. Mardi Research Bulletin, Malaysia. 7(1):45-53, 1979.
- SILVA, J.F. & COSTA, L.M. Comportamento dos herbicidas no solo. In: Defensivos Agrícolas, Utilização Toxicologia e Legislação Específica. Módulo 2, Brasília, ABEAS, p. 140-161, 1983.

UPCHURCH, R.T. The influence of soil moisture content on the response of cotton to herbicides. Weeds, Urbana , 5:112-120, 1957.

WEBER, J.B. & WHITACRE, D.M. Mobility of herbicides in soil columns under saturated - and unsaturated- flow conditions. Weed Sci., Champaign, 30:579-584, 1982.

ZINDAHL, R.L. & CLARK, S.K. Degradation of three acetanilide herbicides in soil. Weed Sci., Champaign, 30:545-548, 1982.

A P P E N D I C E

Fig. 37 : Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP. em mm/dia. Ensaio com zero dia de seca após a aplicação do alachlor.

Fig. 38 : Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e EP em mm/dia. Ensaio com cinco dias de seca após a aplicação do alachlor.

Fig. 39: Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia. Ensaio com dez dias de seca após a aplicação do alachlor.

Fig. 40: Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia. Ensaio com quinze dias de seca após a aplicação do alachlor.

Fig. 41 : Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e E.P. em mm/dia. Ensaio com vinte dias de seca após a aplicação do alachlor.

Fig. 42 : Temperaturas máxima e mínima em $^{\circ}\text{C}$ e E.P. em mm/dia. Ensaio com vinte dias de seca após a aplicação do metribuzin.

Fig. 4.3 : Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia. Ensaio com zero dia de seca após a aplicação do metribuzin.

Fig. 4.4: Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia. Ensaio com cinco dias de seca após a aplicação do metribuzin.

Fig. 46: Temperaturas máxima e mínima em °C e $\bar{E}_p$ em mm/dia. Ensaio com quinze dias de seca após a aplicação do metribuzin.

Fig. 45: Temperaturas máxima e mínima em °C e $\bar{E}_p$ em mm/dia. Ensaio com dez dias de seca após aplicação do metribuzin.

FIGURA 47. Temperaturas máxima e mínima em °C e EP em mm/dia, durante a condução do experimento com soja

Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de correlação para biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivada em solo com diferentes doses de metribuzin e períodos de seca após aplicação do herbicida.

$$\hat{y} = 0,18428 + 0,01445P - 0,00034D + 0,0003D \times P - 0,00065P^2 - 0,000003D^2 \quad /1$$

$$R^2 = 0,881$$

$$\hat{y} = 0,44748 + 0,02829P - 0,00180D + 0,00013D \times P - 0,00120P^2 - 0,000005D^2 \quad /2$$

$$R^2 = 0,894$$

$$\hat{y} = 0,59978 + 0,02910P - 0,00127D + 0,00012D \times P - 0,00174P^2 - 0,00001D^2 \quad /3$$

$$R^2 = 0,832$$

$$\hat{y} = 0,60849 + 0,04894P - 0,00063D + 0,00017D \times P - 0,00257P^2 - 0,00002D^2 \quad /4$$

$$R^2 = 0,733$$

/1 - Manteve-se a umidade do solo em 24,30% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/2 - Manteve-se a umidade do solo em 27,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/3 - Manteve-se a umidade do solo em 37,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/4 - Manteve-se a umidade do solo em 47,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de correlação para biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e períodos de seca após a aplicação do herbicida.

$$\hat{y} = 0,04876 + 0,01252P + 0,12026D - 0,00121D \times P - 0,00018P^2 - 0,11131D^2 \quad /1$$

$$R^2 = 0,859$$

$$\hat{y} = 0,19133 + 0,01305P + 0,00018D + 0,00091D \times P - 0,00040P^2 - 0,07886D^2 \quad /2$$

$$R^2 = 0,796$$

$$\hat{y} = 0,17895 + 0,01020P - 0,01291D + 0,00005D \times P - 0,00023P^2 - 0,07887D^2 \quad /3$$

$$R^2 = 0,784$$

$$\hat{y} = 0,15729 + 0,00627P - 0,06169D - 0,00238D \times P + 0,00004P^2 - 0,03154D^2 \quad /4$$

$$R = 0,854$$

/1 - Manteve-se a umidade do solo em 24,30% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/2 - Manteve-se a umidade do solo em 27,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/3 - Manteve-se a umidade do solo em 37,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

/4 - Manteve-se a umidade do solo em 47,60% em vol. do início da irrigação até a colheita do experimento.

Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de correlação para biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivadas em solo com diferentes doses de alachlor e teores de umidade.

$$\hat{y} = 0,24068 + 0,02271A - 0,10989D - 0,00152D \times P - 0,00029A^2 + 0,03385D^2 \quad / \underline{1}$$

$$R^2 = 0,860$$

$$\hat{y} = 0,24270 + 0,02572A + 0,10827D - 0,00214A \times D - 0,00034A^2 - 0,097096D^2 \quad / \underline{2}$$

$$R^2 = 0,707$$

$$\hat{y} = 0,67323 + 0,05273A + 0,08421D - 0,00285A \times D - 0,00072A^2 - 0,05803D^2 \quad / \underline{3}$$

$$R^2 = 0,767$$

$$\hat{y} = 0,31846 - 0,00516A + 0,16258D - 0,00165A \times D - 0,13727D^2 \quad / \underline{4}$$

$$R^2 = 0,821$$

$$\hat{y} = 0,13644 + 0,02260A + 0,18274D - 0,00360A \times D - 0,00028A^2 - 0,11718D^2 \quad / \underline{5}$$

$$R^2 = 0,814$$

/1 - Referente ao período de zero dia de seca após aplicação do alachlor.

/2 - Referente ao período de cinco dias de seca após aplicação ao alachlor.

/3 - Referente ao período de dez dias de seca após aplicação do alachlor.

/4 - Referente ao período de quinze dias de seca após aplicação do alachlor.

/5 - Referente ao período de vinte dias de seca após aplicação do alachlor.

Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de correlação para biomassa seca da parte aérea de plantas de pepino, cultivadas em solo com diferentes doses de metribuzin e teores de umidade.

$$\hat{y} = 0,74704 + 0,05645A - 0,00003D - 0,00012Ax D - 0,00055A^2 + 0,000007D^2 \quad / \underline{1}$$

$$R^2 = 0,893$$

$$\hat{y} = 1,11113 + 0,07586A + 0,00340D - 0,000077Ax D - 0,00068A^2 - 0,000019D^2 \quad / \underline{2}$$

$$R^2 = 0,869$$

$$\hat{y} = 1,73747 + 0,10714A + 0,00581D - 0,000116Ax D - 0,00105A^2 - 0,000022D^2 \quad / \underline{3}$$

$$R^2 = 0,922$$

$$\hat{y} = 1,50565 + 0,10996A + 0,00122D - 0,0000009Ax D - 0,00139A^2 - 0,000012D^2 \quad / \underline{4}$$

$$R^2 = 0,715$$

$$\hat{y} = 1,94890 + 0,12673A - 0,00263D - 0,000047Ax D - 0,00147A^2 - 0,000010D^2 \quad / \underline{5}$$

$$R^2 = 0,808$$

/1 - Referente ao período de zero dia de seca após a aplicação do metribuzin.

/2 - Referente ao período de cinco dias de seca após a aplicação do metribuzin.

/3 - Referente ao período de dez dias de seca após a aplicação do metribuzin.

/4 - Referente ao período de quinze dias de seca após a aplicação do metribuzin.

/5 - Referente ao período de vinte dias de seca após a aplicação do metribuzin.

TABELA 33. Médias de biomassa verde, em gramas/vaso, de plantas de sorgo em função de doses de alachlor, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.

Teores de água no solo	Doses de alachlor (g/ha de p.a.)	Médias de biomassa verde de plantas de sorgo em g/vaso				
		Períodos iniciais de seca em dias				
		0	5	10	15	20
24,30	00	0,56	0,51	1,03	1,30	1,42
24,30	400	0,37	0,82	1,73	1,91	1,55
24,30	800	0,34	0,71	1,23	2,07	1,87
24,30	1200	0,00	0,28	0,57	1,12	0,87
24,30	1600	0,00	0,15	0,32	0,57	0,82
27,60	00	1,54	2,36	2,72	1,91	2,76
27,60	400	1,38	2,60	2,75	2,69	3,22
27,60	800	1,03	2,49	2,55	1,91	2,76
27,60	1200	0,22	1,80	1,54	0,82	1,68
27,60	1600	0,00	0,39	1,28	0,75	1,26
37,60	00	2,09	2,75	2,72	1,85	3,08
37,60	400	1,24	2,14	2,56	2,66	2,96
37,60	800	0,71	1,36	3,45	2,10	3,09
37,60	1200	0,24	0,26	1,40	0,46	1,01
37,60	1600	0,00	0,07	0,65	0,40	0,70
47,60	00	1,89	1,84	2,71	2,15	2,56
47,60	400	0,89	1,70	1,60	1,81	3,56
47,60	800	0,25	1,50	0,84	1,81	2,02
47,60	1200	0,14	0,48	0,62	0,60	0,87
47,60	1600	0,00	0,12	0,13	0,23	0,30

TABELA 34. Médias de biomassa seca, em gramas/vaso, de plantas de sorgo em função de doses de alachlor, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.

Teores de água no solo	Doses de alachlor (g/ha do p.a.)	Médias de biomassa seca de plantas de sorgo em g/vaso				
		Períodos iniciais de seca em dias				
		0	5	10	15	20
24,30	00	0,08	0,09	0,13	0,19	0,20
24,30	400	0,06	0,13	0,20	0,26	0,23
24,30	800	0,06	0,16	0,14	0,28	0,25
24,30	1200	0,00	0,04	0,08	0,17	0,13
24,30	1600	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11
27,60	00	0,22	0,26	0,26	0,23	0,30
27,60	400	0,16	0,29	0,26	0,31	0,34
27,60	800	0,11	0,29	0,25	0,22	0,30
27,60	1200	0,03	0,21	0,15	0,10	0,19
27,60	1600	0,00	0,40	0,15	0,09	0,14
37,60	00	0,21	0,27	0,24	0,18	0,30
37,60	400	0,14	0,21	0,23	0,26	0,28
37,60	800	0,07	0,15	0,32	0,26	0,32
37,60	1200	0,03	0,03	0,14	0,24	0,11
37,60	1600	0,00	0,01	0,06	0,05	0,07
47,60	00	0,19	0,18	0,26	0,23	0,24
47,60	400	0,09	0,18	0,16	0,18	0,34
47,60	800	0,03	0,17	0,09	0,22	0,20
47,60	1200	0,03	0,06	0,06	0,07	0,09
47,60	1600	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04

TABELA 35. Médias de biomassa verde, em gramas/vaso, de plantas de pepino em função de doses de metribuzin, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.

Teores de água no solo	Doses de metribuzin(g/ha do p.a.)	Médias de biomassa verde de plantas de pepino em g/vaso				
		Períodos iniciais de seca em dias				
		0	5	10	15	20
24,30	00	2,14	3,41	3,13	3,38	2,38
24,30	30	3,20	3,84	3,80	3,69	2,75
24,30	60	2,72	3,07	3,31	3,46	2,73
24,30	90	2,00	2,67	3,14	2,82	2,83
24,30	120	1,47	3,00	3,36	3,52	2,83
24,30	150	1,10	2,69	3,22	3,19	2,20
24,30	180	0,00	2,25	2,86	2,20	2,83
27,60	00	6,15	8,97	8,27	7,94	7,06
27,60	30	6,61	7,76	7,32	8,25	6,73
27,60	60	4,64	6,64	7,06	8,29	6,25
27,60	90	3,48	7,30	7,30	7,60	7,20
27,60	120	0,00	5,04	7,27	8,45	7,39
27,60	150	0,00	3,06	5,85	7,04	7,28
27,60	180	0,00	0,00	2,18	3,42	7,05
37,60	00	10,05	15,16	12,88	9,20	12,50
37,60	30	8,64	14,91	12,41	9,50	13,02
37,60	60	8,81	13,11	11,93	9,44	12,96
37,60	90	3,08	10,74	11,47	8,42	10,33
37,60	120	2,17	9,83	10,62	7,84	10,33
37,60	150	1,26	4,73	7,51	7,81	8,94
37,60	180	0,00	0,00	3,67	7,22	8,12
47,60	00	10,98	14,86	12,93	9,10	11,04
47,60	30	10,36	15,14	13,59	9,33	12,13
47,60	60	7,95	15,23	12,66	9,07	14,18
47,60	90	2,23	14,40	12,41	9,38	12,05
47,60	120	0,00	13,95	12,92	9,21	11,96
47,60	150	0,00	11,26	9,87	8,03	12,02
47,60	180	0,00	3,06	2,91	5,27	9,04

TABELA 36. Médias de biomassa seca, em gramas/vaso, de plantas de pepino em função de doses de metribuzin, teores de água no solo e períodos iniciais de seca.

Teores de água no solo	Doses de metribuzin(g/ha do p.a.)	Médias de biomassa seca de plantas de pepino em g/vaso				
		Períodos iniciais de seca em dias				
		0	5	10	15	20
24,30	00	0,15	0,23	0,23	0,26	0,22
24,30	30	0,20	0,26	0,27	0,28	0,22
24,30	60	0,17	0,23	0,24	0,26	0,22
24,30	90	0,11	0,18	0,21	0,21	0,23
24,30	120	0,08	0,20	0,22	0,25	0,22
24,30	150	0,05	0,16	0,20	0,22	0,20
24,30	180	0,00	0,16	0,18	0,17	0,22
27,60	00	0,41	0,64	0,60	0,63	0,52
27,60	30	0,28	0,54	0,49	0,65	0,49
27,60	60	0,27	0,46	0,51	0,65	0,52
27,60	90	0,10	0,48	0,46	0,51	0,50
27,60	120	0,08	0,30	0,48	0,51	0,52
27,60	150	0,00	0,20	0,37	0,43	0,52
27,60	180	0,00	0,00	0,13	0,25	0,49
37,60	00	0,60	0,85	0,82	0,62	0,78
37,60	30	0,48	0,85	0,82	0,63	0,78
37,60	60	0,46	0,77	0,77	0,63	0,79
37,60	90	0,14	0,58	0,75	0,56	0,69
37,60	120	0,11	0,59	0,67	0,53	0,63
37,60	150	0,07	0,29	0,47	0,53	0,56
37,60	180	0,00	0,00	0,25	0,49	0,56
47,60	00	0,63	0,82	0,90	0,58	0,64
47,60	30	0,57	0,84	0,95	0,58	0,69
47,60	60	0,44	0,83	0,92	0,61	0,78
47,60	90	0,11	0,74	0,84	0,60	0,67
47,60	120	0,00	0,78	0,82	0,60	0,67
47,60	150	0,00	0,61	0,61	0,53	0,66
47,60	180	0,00	0,20	0,18	0,30	0,52

TABELA 37. Efeitos de doses de metribuzin x teores de água no solo e períodos iniciais de seca em dias sobre a planta da soja.

Doses de metribuzin(g/ha do p.a.)	Teores de água no solo	Períodos iniciais de seca em dias	Biomassa das raízes (g/vaso)	Biomassa seca do caule (g/vaso)	Número de vagens sem grãos /vaso
00	27,66	0	3,00	5,81	8,00
240	27,66	0	1,66	4,57	3,66
360	27,66	0	2,45	5,45	4,33
480	27,66	0	1,61	3,14	1,70
00	40,42	0	4,35	9,51	4,33
240	40,42	0	3,28	7,72	11,66
360	40,42	0	3,47	8,10	5,33
480	40,42	0	1,40	3,17	2,30
00	27,66	7	3,13	5,58	4,60
240	27,66	7	2,93	5,44	2,30
360	27,66	7	3,00	5,62	4,33
480	27,66	7	2,52	3,86	1,33
00	40,42	7	3,60	6,58	5,00
240	40,42	7	3,81	6,14	2,00
360	40,42	7	4,20	8,59	5,66
480	40,42	7	3,49	6,94	3,33
00	27,66	14	3,59	5,23	4,00
240	27,66	14	4,52	5,78	2,33
360	27,66	14	4,03	6,63	5,00
480	27,66	14	4,66	5,44	2,66
00	40,42	14	5,77	7,78	5,33
240	40,42	14	5,21	8,57	5,33
360	40,42	14	4,48	8,86	3,00
480	40,42	14	4,62	7,82	3,00

TABELA 38. Efeitos de doses de metribuzin x teores de água no solo e períodos iniciais de seca em dias sobre a planta de soja.

Doses de metribuzin(g/ha do p.a.)	Teores de água no solo	Períodos iniciais de seca em dias	Número de vagens com grãos por vaso	Número de grãos por vaso	Biomassa de grãos por vaso
00	27,66	0	34,66	57,66	16,28
240	27,66	0	26,66	47,33	12,60
360	27,66	0	35,33	60,00	15,35
480	27,66	0	25,00	38,00	9,60
00	40,42	0	51,33	88,33	26,07
240	40,42	0	38,33	66,00	19,60
360	40,42	0	43,66	68,66	20,14
480	40,42	0	20,66	37,33	9,10
00	27,66	7	34,33	55,66	13,13
240	27,66	7	36,33	64,00	16,00
360	27,66	7	35,00	61,33	14,36
480	27,66	7	28,00	52,00	12,31
00	40,42	7	46,33	85,00	20,36
240	40,42	7	40,00	69,33	17,54
360	40,42	7	41,66	71,33	19,76
480	40,42	7	38,00	64,66	17,15
00	27,66	14	33,00	57,33	12,57
240	27,66	14	36,00	62,00	14,22
360	27,66	14	39,66	67,33	20,52
480	27,66	14	34,33	64,66	15,26
00	40,42	14	48,00	81,66	20,22
240	40,42	14	52,33	79,33	23,01
360	40,42	14	48,00	82,00	19,21
480	40,42	14	53,33	90,33	21,82