

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**LUCAS FERNANDO CIESLIK**

**INTERFERÊNCIA DE FATORES MORFOAMBIENTAIS E HORÁRIOS  
DE APLICAÇÃO DE FLUAZIFOP-P-BUTYL E FOMESAFEN NO  
CONTROLE DE INFESTANTES, SELETIVIDADE E LUCRATIVIDADE  
DA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2012**

LUCAS FERNANDO CIESLIK

**INTERFERÊNCIA DE FATORES MORFOAMBIENTAIS E HORÁRIOS  
DE APLICAÇÃO DE FLUAZIFOP-P-BUTYL E FOMESAFEN NO  
CONTROLE DE INFESTANTES, SELETIVIDADE E LUCRATIVIDADE  
DA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Ribas A. Vidal  
Co-Orientador: Dr. Michelangelo M. Trezzi

PATO BRANCO

2012

Catálogo na Fonte por Elda Lopes Lira CRB9/1295

C569i Cieslik, Lucas Fernando

Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-p-butyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) / Lucas Fernando Cieslik – 2012.  
171f. : il.; 30 cm.

Orientador: Ribas Antônio Vidal  
Coorientador: Michelangelo Muzell Trezzi  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco / PR, 2012.  
Bibliografia: f.153 - 168

1.Controle químico. 2.Plantas daninhas. 3.Competição. 4.Inicialismo. I.Vidal, Ribas Antônio, orient. II.Trezzi, Michelangelo Muzell, coorient. III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV.Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 060

***Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-p-butyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade da cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)***

por

**Lucas Fernando Cieslik**

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e sete de fevereiro de dois mil e doze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistema de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *aprovado*

Banca examinadora:

**Dr. Luiz Kozlowski**

PUC

  
**Dr. José Abramo Marchese**

UTFPR

  
**Dr. Michelangelo Müzell Trezzi**

UTFPR

  
**Dr. Ribas Antonio Vidal**

UTFPR

Orientador

Visto da Coordenação:

  
**Prof. Dr. André Brugnara Soares**

Coordenador do PPGAG

Dedico a realização dessa dissertação à minha família, de modo muito especial aos meus pais Lauro e Regina e aos meus irmãos Diego e Laurês, através do apoio constante na realização de mais essa etapa, assim como aconteceu durante toda minha vida, principalmente durante a de meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelos dons que me possibilitam a realização de meus estudos.

À minha família: pais Lauro e Regina e irmãos Diego e Laurês sou eternamente grato pelo apoio dado durante toda minha vida; pelas forças para realizar o sonho de conclusão desse mestrado.

Ao professor Ribas A. Vidal, orientador dedicado, pelos ensinamentos, não apenas da área de Plantas Daninhas, mas também aos que levarei para o resto de minha vida, e pela amizade adquirida nesse curto período de convívio durante a realização desse mestrado.

Ao professor Michelangelo M. Trezzi, pela co-orientação nessa dissertação e pelo apoio constante nas atividades desenvolvidas durante o mestrado.

Aos professores José A. Marchese e Luiz A. Kozlowski pela participação na banca examinadora.

Aos demais professores desse programa de mestrado e da coordenação de Agronomia, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade construída durante todos esses anos de convívio.

Às várias pessoas que, de alguma forma, me auxiliaram na realização dessa dissertação: parentes, amigos e colegas de mestrado e de profissão pelo apoio, parceria e momentos de diversão; aqueles que auxiliaram na execução dos experimentos; funcionários da UTFPR pela prestação de serviços.

Ao colega de mestrado Adriano B. Machado pela grande parceria construída nesse período.

À UTFPR, pela formação acadêmica durante a graduação e pela possibilidade de aperfeiçoamento com o mestrado.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

Afagar a terra,  
conhecer os desejos da terra,  
cio da terra propícia estação,  
e fecundar o chão.

Trecho da música “Cio da terra”  
de Francisco Buarque de Hollanda

## RESUMO

CIESLIK, Lucas Fernando. Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-p-butyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 171 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

Plantas daninhas competem com as cultivadas e dentre as influências negativas desse convívio está a redução da produtividade das culturas. O controle químico é a principal forma de gestão das infestantes na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Sua eficácia depende de uma série de fatores, entre eles: condições ambientais (em função dos horários de aplicação) no momento da aspersão do herbicida e doses utilizadas. Um programa de pesquisa foi desenvolvido no curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco, PR, durante a safra 2010/11 com os objetivos gerais de analisar o impacto de horários de aplicação (e por consequência das variáveis ambientais) e de doses de fluazifop-p-butyl e de fomesafen sobre: o desempenho desses herbicidas no controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, respectivamente; a seletividade do feijoeiro ao fomesafen e; a lucratividade da lavoura de feijão. As variáveis ambientais, de acordo com o horário do dia ou a época do ano em que os produtos foram aplicados, influenciaram no controle das infestantes. Fluazifop-p-butyl teve atividade favorecida quando aspergido às 06:00h, com umidade relativa do ar e ângulo foliar das gramíneas influenciando de maneira mais significativa no resultado. Para esse mesmo herbicida, aplicação noturna foi eficaz em mitigar os efeitos negativos da aplicação vespertina. O desempenho de fomesafen no controle das plantas daninhas dicotiledôneas foi máximo quando o produto foi aspergido às 11:00h e às 16:00h. Nesse caso, a irradiância e a temperatura do ar foram os principais determinantes da eficácia do herbicida. As doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen que propiciaram maior controle da infestação resultaram em aumento da produtividade do feijoeiro e da rentabilidade da produção. Em alguns casos, a maximização da renda líquida foi obtida com dose menor do que a recomendada no rótulo do produto e aquela necessária para a obtenção da máxima eficácia do produto. Fomesafen provocou toxicidade nas plantas de feijão, as quais recuperaram-se das injúrias com o decorrer do tempo. O grau de fitointoxicação foi mais acentuado com doses elevadas do produto e quando esse foi aspergido às 11:00h e às 16:00h. Nesses horários, a temperatura do ar e a irradiância estavam mais acentuadas. Pode-se sintetizar que a eficácia no controle das plantas infestantes e a toxicidade dos herbicidas ao feijoeiro foram dependentes dos herbicidas utilizados, das condições ambientais em função do horário do dia em que os herbicidas foram aplicados e das doses utilizadas. A escolha correta do horário e da dose de aplicação favorece a eficiência do controle das plantas daninhas, minimiza os prejuízos à cultura em função da competição e eleva a lucratividade da lavoura.

**Palavras-chave:** Controle químico. Plantas daninhas. Competição. Inicialismo.



## ABSTRACT

CIESLIK, Lucas Fernando. Impact of morphological and environmental factors and time of fluazifop-p-butyl and fomesafen application on the control of weeds, selectivity and profitability of the common bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). 171 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

The weeds compete with the cultivated crops and among the negative effects of this interaction is the reduction of the crop yields. The chemical method is the main weed control technic in the common bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). The efficacy of the herbicides depends on a number of factors, including: environmental conditions (in function of the time of application) at the moment of spraying of the herbicide and doses used. A research program was developed on the Agronomy course of UTFPR, Pato Branco, PR, during the 2010-11 with the main objectives to evaluate the impact of the application time (and therefore environmental variables) and doses of fluazifop-p-butyl and fomesafen on the: performance of these herbicides in the control of mono and dicotyledonous weeds, respectively; selectivity of bean crop to fomesafen; and the lucrativity of the common bean crop. The environmental variables, according to the time of day or season of year in which herbicides were applied, influence the control of weeds. Fluazifop-p-butyl activity has been favored when sprayed at 06:00h. The relative humidity and grass leaf angle were the factors most important affecting this herbicide performance. For this same compound, night application has been effective to mitigate the negative effects of the afternoon application. The performance of fomesafen to control broadleaf weeds has been maximum when the product was sprayed at 11:00h and 16:00h. In this case, the irradiance and the air temperature have been the main factors to affect the herbicide efficacy. The doses of fluazifop-p-butyl + fomesafen which allowed best weed control have increased grain yield and profitability of the common bean crop production. In some cases, the maximum net return has been obtained with a dose lower than that needed for maximum herbicide efficacy. Fomesafen has injured the common bean plants, but they have recovered with time. The degree of phytointoxication has increased at high fomesafen doses and when it has been sprayed at 11:00h and 16:00h. During these times, the air temperature and irradiance were the highest. It can be summarized that the efficacy on weed control and on the common bean injury was dependent on the herbicide used, on the environmental conditions during the time of the herbicide spray, and on the rates applied. The selection of the correct time of the day and rate of application can optimize the weed control, can reduce the crop yield losses due to competition, and can optimize the crop profitability.

**Keywords:** Chemical control. Weeds. Competition. Initialism.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** - Controle visual (%) de gramíneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 29
- Figura 2.2** - Redução (%) da densidade de gramíneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h. UTFPR, Pato Branco, PR ..... 31
- Figura 2.3** - Redução (%) da massa seca de gramíneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 32
- Figura 2.4** - Eficácia de fluazifop-p-butyl em gramíneas, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 80% de redução da massa seca. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. .... 33
- Figura 3.1** - Correlações entre massa seca com controle visual e densidade (a) e entre densidade com controle visual (b) de plantas daninhas monocotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 47
- Figura 3.2** - Correlações entre ângulo foliar de *A. sativa* (a), *U. plantaginea* (b) e *D. horizontalis* (c) com horário do dia e entre ângulo foliar das três espécies analisadas com ângulo foliar médio dessas (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 47
- Figura 3.3** - Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b), velocidade do vento (c) e ângulo foliar (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 48
- Figura 3.4** - Correlações entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (a), velocidade do vento (b) e ângulo foliar (c). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011..... 49
- Figura 3.5** - Correlações entre radiação fotossinteticamente ativa com velocidade do vento (a) e ângulo foliar (b) e entre velocidade do vento com ângulo foliar (c). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 50
- Figura 3.6** - Correlações entre  $D_{A50c}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 51
- Figura 3.7** - Correlações entre  $D_{A50d}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 52
- Figura 3.8** - Correlações entre  $D_{A50m}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 53
- Figura 3.9** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com  $D_{A50c}$ . UTFPR, Pato Branco, PR, ..... 54
- Figura 3.10** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com  $D_{A50d}$ . UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 55
- Figura 3.11** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com  $D_{A50m}$ . UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 55
- Figura 4.1** - Características morfológicas de plantas de feijão tratadas com fluazifop-p-butyl para o controle de gramíneas, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 68
- Figura 4.2** - Componentes do rendimento: densidade (a), número de vagens  $\text{m}^{-2}$  (b), número de

	grãos vagem <sup>-1</sup> (c) e massa de 100 grãos (d) e rendimento de grãos (e) de plantas de feijão tratadas com fluzifop-p-butyl para o controle de gramíneas, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	69
<b>Figura 4.3</b>	- Correlações entre características morfológicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos de plantas de feijão com controle visual de gramíneas com fluzifop-p-butyl, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	72
<b>Figura 4.4</b>	- Correlações entre características morfológicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos de plantas de feijão com densidade de gramíneas, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	74
<b>Figura 4.5</b>	- Correlações entre características morfológicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos de plantas de feijão com massa seca de gramíneas, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	75
<b>Figura 4.6</b>	- Correlações entre componentes do rendimento com rendimento de grãos de plantas de feijão, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	78
<b>Figura 4.7</b>	- Mapa conceitual com os coeficientes das correlações entre variáveis das infestantes com variáveis do feijoeiro. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	78
<b>Figura 5.1</b>	- Custos de produção dos tratamentos com doses de fluzifop-p-butyl aplicadas no controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	89
<b>Figura 5.2</b>	- Renda líquida obtida com os tratamentos com doses de fluzifop-p-butyl aplicadas no controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	90
<b>Figura 6.1</b>	- Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 3 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	100
<b>Figura 6.2</b>	- Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 7 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	101
<b>Figura 6.3</b>	- Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 14 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	102
<b>Figura 6.4</b>	- Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	103
<b>Figura 6.5</b>	- Redução (%) da densidade de plantas daninhas dicotiledôneas, em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 14 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	105
<b>Figura 6.6</b>	- Redução (%) da densidade de plantas daninhas dicotiledôneas, em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	106
<b>Figura 6.7</b>	- Redução (%) da massa seca de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha <sup>-1</sup> ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	107
<b>Figura 6.8</b>	- Eficácia de fomesafen em plantas daninhas dicotiledôneas, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 80% de redução da densidade (a) e da massa seca (b) das infestantes, avaliadas aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	108
<b>Figura 7.1</b>	- Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b) e velocidade do vento (c); entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (d) e velocidade do vento (e) e entre radiação fotossinteticamente ativa (d) com velocidade do vento (f). UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	118
<b>Figura 7.2</b>	- Correlações entre controle visual com densidade de plantas daninhas dicotiledôneas	

	aos 7 (a) e aos 14 (b) DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	121
<b>Figura 7.3</b>	- Correlações entre controle visual com densidade (a) e massa seca (b) e entre densidade com massa seca (c) de plantas daninhas dicotiledôneas, ambas avaliadas aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	121
<b>Figura 7.4</b>	- Correlações entre $D_{A50c}$ com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	123
<b>Figura 7.5</b>	- Correlações entre $D_{A50d}$ com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	124
<b>Figura 7.6</b>	- Correlações entre $D_{A50m}$ com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	125
<b>Figura 7.7</b>	- Mapas conceituais com os coeficientes de correlações entre variáveis ambientais (umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação fotossinteticamente ativa) com $D_{A50c}$ (a), $D_{A50d}$ (b) e $D_{A50m}$ (c). UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	126
<b>Figura 8.1</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 7 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	134
<b>Figura 8.2</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	136
<b>Figura 8.3</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 3 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	137
<b>Figura 8.4</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 7 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	138
<b>Figura 8.5</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 14 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	139
<b>Figura 8.6</b>	- Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $g\ ha^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	140
<b>Figura 8.7</b>	- Toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 15% de fitointoxicação, avaliada aos 7 DAT, no experimento 1 (a) e no experimento 2 (b). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	141
<b>Figura 8.8</b>	- Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b) e velocidade do vento (c), entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (d) e velocidade do vento (e) e entre radiação fotossinteticamente ativa com velocidade do vento (f). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	142
<b>Figura 8.9</b>	- Correlações entre $D_{15f}$ com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	144
<b>Figura 8.10</b>	- Mapa conceitual com os coeficientes das correlações entre variáveis ambientais (velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação fotossinteticamente ativa) no momento da aplicação de fomesafen com intoxicação do feijoeiro ( $D_{15f}$ ) pelo herbicida avaliada aos 7 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	144

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o controle visual de gramíneas com diversas doses de fluazifop-p-butyl, em função dos horários de aplicação, avaliado aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 28
- Tabela 2.2** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem a redução da densidade e da massa seca de gramíneas com diversas doses de fluazifop-p-butyl, em função dos horários de aplicação, avaliadas aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 30
- Tabela 3.1** - Condições ambientais encontradas no momento da medição do ângulo foliar de três espécies de gramíneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010 ..... 45
- Tabela 3.2** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle de gramíneas com variáveis que afetam a eficácia de fluazifop-p-butyl em plantas daninhas monocotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 46
- Tabela 3.3** - Descoloração foliar, controle visual e massa seca de folhas da planta modelo *A. sativa* em função dos ângulos de interceptação da aplicação de fluazifop-p-butyl. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre, RS, 2011 ..... 56
- Tabela 3.4** - Condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos com fluazifop-p-butyl para o controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 56
- Tabela 4.1** - Principais condições ambientais no momento da aspersão do herbicida para o controle de plantas infestantes na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 65
- Tabela 4.2** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem as características morfológicas, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos do feijoeiro em função das doses de fluazifop-p-butyl para o controle de gramíneas, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 67
- Tabela 4.3** - Número de grãos vagem<sup>-1</sup> de plantas de feijão tratadas com fluazifop-p-butyl em dois experimentos para o controle de gramíneas, na média de seis doses do herbicida. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 70
- Tabela 4.4** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle das gramíneas com variáveis avaliadas no feijoeiro em dois experimentos com aplicação de doses de fluazifop-p-butyl. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 71
- Tabela 4.5** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre componentes do rendimento com rendimento de grãos de plantas de feijão tratadas com doses de fluazifop-p-butyl, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 77
- Tabela 5.1** - Descrição dos custos de produção de experimentos com a cultura do feijão, sem considerar os custos do herbicida de pós-emergência nem da sua aplicação no controle de gramíneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 88
- Tabela 5.2** - Descrição dos custos adicionais dos tratamentos que receberam a aplicação de fluazifop-p-butyl no controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 89
- Tabela 5.3** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem os custos de produção e a renda líquida dos tratamentos com doses de fluazifop-p-butyl aplicadas para o controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 90
- Tabela 5.4** - Doses (g ha<sup>-1</sup>) de fluazifop-p-butyl necessárias para otimizar a redução da massa seca das gramíneas (D<sub>80m</sub>) e o lucro da cultura do feijão, com a diferença percentual entre ambas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 ..... 91
- Tabela 6.1** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o controle visual de plantas daninhas dicotiledôneas com diversas doses de fomesafen, em função dos horários de aplicação, avaliado em quatro períodos após a aplicação. UTFPR, Pato

	Branco, PR, 2011 .....	99
<b>Tabela 6.2</b>	- Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem a redução da densidade e da massa seca de plantas daninhas dicotiledôneas com diversas doses de fomesafen, em função dos horários de aplicação; densidade avaliada em dois períodos após a aplicação e massa seca aos 21 DAT somente. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	104
<b>Tabela 7.1</b>	- Condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos com fomesafen para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	117
<b>Tabela 7.2</b>	- Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle das infestantes de folha larga com variáveis que afetam a eficácia de fomesafen em plantas daninhas dicotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011. ....	119-120
<b>Tabela 8.1</b>	- Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem a toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, quando aplicado em diversas doses, em função dos horários de aplicação, avaliada em dois períodos após a aspersão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	133
<b>Tabela 8.2</b>	- Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem a toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, quando aplicado em diversas doses, em função dos horários de aplicação, avaliada em quatro períodos após a aspersão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011 .....	135
<b>Tabela 8.3</b>	- Correlações das variáveis ambientais entre si e dessas com a dose de fomesafen que provoca 15% de intoxicação em plantas de feijão, com dados de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011 .....	143

## LISTA DE SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESALQ/USP	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
LAFLOL	Laboratório da Flora Ruderal
PR	Unidade de federação - Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

1 <sup>a</sup>	Primeira
ACCCase	Acetil-Coenzima A carboxilase
DAE	Dia(s) após a emergência
DAS	Dia(s) após a semeadura
DAT	Dia(s) após o tratamento
D <sub>A50c</sub>	Dose do herbicida que confere 50% do valor da assíntota máxima de controle visual
D <sub>A50d</sub>	Dose do herbicida capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de densidade das infestantes
D <sub>A50m</sub>	Dose do herbicida capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de massa seca das infestantes
D <sub>15f</sub>	Dose do herbicida que provoca 15% de intoxicação no feijoeiro
D <sub>80m</sub>	Dose do herbicida capaz de reduzir 80% a massa seca das infestantes
GST	Glutathione S transferase
IRGA	Infra-Red Gas Analyzer
N <sup>o</sup>	Número
O	Oeste
PCPI	Período crítico de prevenção de interferência
PROTOX	Protoporfirinogênio oxidase
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
S	Sul



## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
'	Minuto(s)
°	Grau(s)
°C	Grau(s) Celsius
cm	Centímetro(s)
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
g	Gramma(s)
h/m	Hora/máquina
h	Hora(s)
ha	Hectare(s)
i.a.	Ingrediente ativo
K	Potássio
kg	Quilograma(s)
km	Quilômetro(s)
L	Litro(s)
log	Logaritmo
m	Metro(s)
m <sup>2</sup>	Metro(s) quadrado(s)
N	Nitrogênio
P	Fósforo
R\$	Reais
R6	Estádio reprodutivo da cultura do feijão (abertura da primeira flor)
t	Tonelada
V4	Estádio vegetativo da cultura do feijão (terceira folha trifoliolada completamente expandida)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
1.1 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	21
1.2 HIPÓTESES TESTADAS NESSA DISSERTAÇÃO.....	22
<b>2 EFICÁCIA DE FLUAZIFOP-P-BUTYL NO CONTROLE DE GRAMÍNEAS EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DO HERBICIDA.....</b>	<b>24</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	24
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.3 RESULTADOS.....	27
2.4 DISCUSSÃO.....	34
2.5 CONCLUSÕES .....	37
<b>3 INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E MORFOLÓGICAS SOBRE A EFICÁCIA DE FLUAZIFOP-P-BUTYL APLICADO EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA PARA O CONTROLE DE GRAMÍNEAS.....</b>	<b>38</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	38
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.3 RESULTADOS.....	45
3.4 DISCUSSÃO.....	57
3.5 CONCLUSÕES.....	61
<b>4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS DO FEJJOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FLUAZIFOP-P-BUTYL + FOMESAFEN APLICADAS EM DUAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....</b>	<b>62</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	62
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
4.3 RESULTADOS.....	67
4.4 DISCUSSÃO.....	79
4.5 CONCLUSÕES.....	83
<b>5 OTIMIZAÇÃO DA RENDA LÍQUIDA DO FEJJOEIRO ATRAVÉS DE DOSES DE FLUAZIFOP-P-BUTYL + FOMESAFEN APLICADAS NO CONTROLE DE INFESTANTES.....</b>	<b>84</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	84
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	86
5.3 RESULTADOS.....	87
5.4 DISCUSSÃO.....	91
5.5 CONCLUSÕES.....	94
<b>6 EFICIÊNCIA DE FOMESAFEN SOBRE O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DICOTILEDÔNEAS EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DO HERBICIDA.....</b>	<b>95</b>
6.1 INTRODUÇÃO.....	95
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	96

6.3 RESULTADOS.....	98
6.4 DISCUSSÃO.....	109
6.5 CONCLUSÕES.....	114
<b>7 VARIÁVEIS AMBIENTAIS INFLUENCIANDO A EFICÁCIA DE FOMESAFEN NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DICOTILEDÔNEAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA.....</b>	<b>115</b>
7.1 INTRODUÇÃO.....	115
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	116
7.3 RESULTADOS.....	117
7.4 DISCUSSÃO.....	127
7.5 CONCLUSÕES.....	129
<b>8 TOXICIDADE DE FOMESAFEN EM PLANTAS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E DE DOSES DO HERBICIDA.....</b>	<b>130</b>
8.1 INTRODUÇÃO.....	130
8.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	131
8.3 RESULTADOS.....	132
8.4 DISCUSSÃO.....	145
8.5 CONCLUSÕES.....	148
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>149</b>
9.1. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO MÉTODO DE PESQUISA.....	151
REFERÊNCIAS.....	153
APÊNDICE A.....	171

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie amplamente cultivada no Brasil, sendo o grão um dos principais alimentos utilizados pela população brasileira. O feijão é um dos principais produtos fornecedores de proteína na dieta alimentar brasileira, principalmente quando se trata das camadas sociais economicamente menos favorecidas. O fato de ser cultivado em todas as regiões do país leva a uma grande variação na preferência do consumidor por determinado tipo de grão: preto ou de cor. A cultura do feijão comporta diversos sistemas agrícolas, desde a agricultura de subsistência até cultivos intensivos com uso de alta tecnologia (AIDAR, 2003). Na região sul do Brasil o feijoeiro comum é cultivado em monocultivo, tanto na safra das águas (normal), com plantio realizado entre os meses de agosto a novembro, como na safrinha (seca), sendo o plantio realizado durante os meses de janeiro a março.

A cultura do feijão possui uma grande importância mundial, seja na geração de renda na agricultura, através da produção de grãos, ou na alimentação humana, dado o grande valor nutricional do grão. A produção mundial para o ano de 2010 ficou em torno de 23 milhões de toneladas. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, produzindo no mesmo ano cerca de 3,2 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2012).

Tal produção mundial foi gerada em 3,5 milhões de ha, portanto com produtividade de 925,2 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2012). O quarto levantamento da safra brasileira de grãos 2011/12 indica uma produção nacional de 3,5 milhões de toneladas de grãos em 3,8 milhões de ha plantados com a cultura, com produtividade média de 907 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012a). O estado do Paraná, principal produtor de feijão do país, apresenta uma produtividade superior à nacional (1587 kg ha<sup>-1</sup>) (CONAB, 2012a). No entanto, em ambos os casos, verifica-se a necessidade de aumentar a produtividade, e um adequado controle das plantas daninhas nas lavouras é um dos fatores que pode contribuir para tal aumento.

As plantas daninhas, caso não seja tomada nenhuma medida de controle, podem ocasionar elevadas perdas na produtividade das culturas (OERKE, 2006). As infestantes competem com a cultura pelos recursos ambientais: água, nutrientes e radiação solar. Os principais efeitos dessa competição são a redução na

produtividade da cultura e o aumento nos custos de produção, em função da necessidade de medidas de controle das infestantes. Outros aspectos negativos do convívio com plantas infestantes estão relacionados ao fato de diminuírem a qualidade das sementes produzidas, servirem de hospedeiras para pragas e doenças e afetarem a colheita, por interferirem nos processos normais de maturação das plantas e por dificultarem as operações de colheita (COBUCCI, 2008). As influências negativas ocasionadas pelas plantas daninhas são minimizadas pelos métodos de controle, mas mesmo assim danos reais são observados nas culturas, sendo que estes variam de acordo com a eficiência das práticas de controle.

Em virtude de suas características fisiológicas e do seu hábito de crescimento, o feijoeiro apresenta reduzida capacidade competitiva com as plantas daninhas. A cultura do feijão apresenta um ciclo curto, fato que a deixa bastante sensível à competição com plantas infestantes, sobretudo nas fases iniciais do desenvolvimento (VICTORIA FILHO, 2007). Plantas daninhas causam maiores danos à cultura nos primeiros trinta dias após a emergência das plantas de feijão, podendo estender em mais alguns dias em cultivares de ciclo mais tardio (COBUCCI, 2004). Devido a isso, um eficiente método de controle das plantas daninhas deve ser associado com a execução desse em momento oportuno, ou seja, anteriormente ao período crítico de competição.

O período de dano das plantas daninhas na cultura do feijão é bastante variável de acordo com alguns parâmetros. Por exemplo, o PCPI das infestantes na cultura do feijão situou-se entre 15 a 30 DAE do feijoeiro, quando a infestação era de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *plantaginea* (Link) R.D. Webster (PASSINI, 2001) e entre 4 a 18 DAE quando *Zea mays* L. e *Digitaria horizontalis* Willd eram as infestantes (BORCHARTT et al., 2011) ou ainda entre os estádios fenológicos V4 a R6 com uma população mista de infestantes (KOZLOWSKI et al., 2002). Além das espécies de plantas daninhas, o período crítico de competição na cultura do feijão pode variar com ambiente, densidade populacional das infestantes (SKORA NETO; CAMPOS; HORSZYN, 2010) e da cultura (PARREIRA; ALVES; PEÑAHERRERA-COLINA, 2011; SCHOLTEN; PARREIRA; ALVES, 2011), cultivar (BARROSO; YAMAUTI; ALVES, 2010), espaçamento (SALGADO et al., 2007; PARREIRA; ALVES; PEÑAHERRERA-COLINA, 2011; SCHOLTEN; PARREIRA; ALVES, 2011), época de semeadura da cultura (BARROSO; YAMAUTI; ALVES, 2010) e época de emergência das plantas daninhas (PASSINI, 2001).

O controle químico é a forma de manejo direto das plantas daninhas mais utilizado na cultura do feijão. O uso contínuo e frequente de herbicidas para o controle das infestantes teve intensificação a partir da descoberta de produtos seletivos, vindo o método químico a substituir os demais devido a sua eficácia, praticidade e boa relação custo-benefício (VIDAL et al., 2010b). Alguns fatores influenciam na eficiência do controle químico de plantas daninhas: emprego de herbicidas conforme a cultura e a infestante-alvo e de acordo com a densidade e o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas; tecnologia de aplicação; condições ambientais no momento da aplicação, tais como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, luminosidade, velocidade do vento e orvalho; horário de aplicação e; utilização de dose correta.

Atualmente, no país, 20 ingredientes ativos de herbicidas estão registrados para a cultura do feijão, além de quatro associações pré-formuladas. Esses produtos estão distribuídos em seis mecanismos de ação. Produtos de aplicação em pós-emergência das infestantes, tais como os dois estudados nessa dissertação (fluazifop-p-butyl e fomesafen), tiveram seu uso intensificado após o advento do plantio direto (VIDAL; TREZZI; LAMEGO, 2011).

As condições ambientais exercem influência em diversas etapas da interação herbicida-planta, como interceptação, absorção e translocação do produto pela planta. Os fatores ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, luz, vento e orvalho) podem ter efeito positivo ou negativo nessa interação. Desse modo, as condições ambientais no momento da aplicação dos herbicidas possuem influência sobre a eficiência dos mesmos no controle das plantas daninhas.

Inicialismo é um novo termo proposto para indicar um fenômeno de “escape do sombreamento” em plantas que estão sob processo de interação (VIDAL et al., 2010a). Os fitocromos conseguem detectar a qualidade da luz interceptada pelas plantas, sendo responsáveis pela fotomorfogênese. A presença de plantas vizinhas diminui a razão entre os comprimentos de onda vermelho (V) e vermelho extremo (Ve), sinalizando de forma precoce para as plântulas, que haverá competição no futuro. Como consequência dessa sinalização, a planta prioriza o desenvolvimento da parte aérea em detrimento das raízes através da alocação dos fotoassimilados, de modo a se tornar mais competitiva pelos recursos disponíveis. Esses processos são os mecanismos de ação envolvidos no inicialismo, o primeiro tipo de interação negativa entre plantas (VIDAL et al., 2008; VIDAL e MEROTTO JR.,

2010).

Ainda que na cultura do feijão os herbicidas não representem a maior parcela dos gastos com pesticidas, o uso deles como forma de controle das plantas daninhas eleva o custo de produção. O custo total do controle químico é constituído em grande parte pelo herbicida, sendo assim, uma forma de diminuí-lo se dá através da redução da dose de aplicação.

Supõe-se que uma dose recomendada em determinada situação garante a eficiência no controle das plantas daninhas. Mas, essa não é necessariamente a dose que oferece o maior lucro. Tem-se assim a determinação de uma dose que apresenta a máxima eficiência econômica, garantindo maior lucro à produção, através da redução no custo de controle. Porém, no outro lado da questão, têm-se possíveis problemas relacionados com a utilização de doses reduzidas, pois pode-se estar perdendo a máxima eficiência técnica do controle (falta de controle das plantas daninhas) e, com isso: maior competição com a cultura, queda na produtividade da cultura e aumento da resistência de plantas daninhas.

## 1.1 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Além da (1) introdução geral e das (9) considerações finais, essa dissertação está organizada em sete capítulos, os quais foram desenvolvidos a partir de experimentos a campo e em casa-de-vegetação. Os quatro primeiros capítulos são provenientes de experimento conduzido a campo na “safra das águas”, no qual fluazifop-p-butyl foi aplicado em diversos horários do dia. Esses capítulos são: (2) eficácia de fluazifop-p-butyl no controle de gramíneas em função dos horários de aplicação do herbicida; (3) influência de variáveis ambientais e morfológicas sobre a eficácia de fluazifop-p-butyl aplicado em diferentes horários do dia para o controle de gramíneas; (4) características morfológicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de fluazifop-p-butyl aplicado em duas condições ambientais para o controle de gramíneas e; (5) otimização da renda líquida do feijoeiro através de doses de fluazifop-p-butyl aplicadas no controle de gramíneas. O Capítulo 3 também comporta um experimento em casa-de-

vegetação, o qual avaliou o efeito de ângulos foliares de *Avena sativa* L. sobre o controle dessa infestante através da aplicação de fluazifop-p-butyl.

Os dois capítulos seguintes são oriundos de experimento conduzido a campo na “safra da seca”, no qual a aplicação de fomesafen foi realizada em diversos horários do dia. Esses capítulos são: (6) eficácia de fomesafen sobre plantas daninhas dicotiledôneas em função dos horários de aplicação e; (7) variáveis ambientais influenciando a eficácia de fomesafen no controle de plantas daninhas dicotiledôneas através da aplicação do herbicida em diferentes horários do dia.

O último capítulo é fruto dos dois experimentos a campo e analisa a (8) toxicidade de fomesafen em plantas de feijão em função de doses e de horários de aplicação do produto.

## 1.2 HIPÓTESES TESTADAS NESSA DISSERTAÇÃO

De acordo com a revisão de literatura consultada sobre o assunto, foram propostas diversas hipóteses em cada capítulo dessa dissertação. Todas essas hipóteses serviram de ponto de partida para a discussão dos resultados obtidos com a realização dos experimentos planejados. Esses resultados, juntamente com outros obtidos em trabalhos da literatura, serviram para comprovar ou não (antítese) a hipótese proposta. Por fim, um resumo investigativo do assunto foi realizado.

As hipóteses testadas nessa dissertação estão organizadas nesse parágrafo conforme os capítulos (primeiro número nos parênteses) desenvolvidos: (2.1) é possível obter curvas de dose-resposta das variáveis de controle (controle visual, densidade e massa seca das infestantes) com ajuste sigmoidal ou logístico; (2.2) a eficácia de fluazifop-p-butyl no controle de gramíneas é favorecida pela aplicação do herbicida em horários do dia com temperatura do ar alta e elevada umidade relativa do ar no momento da aspersão do produto; (2.3) aplicação de fluazifop-p-butyl em horários noturnos aumenta a eficácia do produto sobre o controle de gramíneas, pelo menos em relação a horários do dia críticos para a aspersão de herbicidas; (3.1) variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento) influenciam o desempenho de



fluazifop-p-butyl sobre o controle de gramíneas; (3.2) há interação das variáveis ambientais entre si, com consequente efeito na ação do herbicida no controle das plantas daninhas monocotiledôneas; (3.3) ângulo foliar de gramíneas afeta a atividade de fluazifop-p-butyl no controle dessas infestantes; (4.1) ocorre melhoria das características morfológicas, dos componentes do rendimento e do rendimento de grãos através do controle das gramíneas, obtido com aumento da dose do produto; (4.2) há ocorrência de inicialismo nas plantas de feijão com incremento da densidade de gramíneas; (4.3) variáveis ambientais influenciam as variáveis de controle das infestantes e as variáveis do feijoeiro, explicando a produtividade da cultura; (5.1) é possível otimizar a dose de fluazifop-p-butyl para maximizar a renda líquida através da produção de grãos do feijoeiro; (5.2) dose que proporciona a máxima eficiência técnica de controle das gramíneas é diferente daquela que resulta em máxima eficiência econômica à produção; (6.1) maior eficácia de fomesafen no controle de plantas daninhas de folha larga é obtida com aplicação do produto em horários do dia com maiores temperatura do ar e luminosidade, desde que esses não sejam acompanhados por umidade relativa do ar baixa; (6.2) aspersão desse herbicida sobre essas infestantes em horários noturnos prejudica o desempenho do produto, em função do mecanismo de ação do herbicida ser dependente de luz; (7.1) variações nas condições ambientais durante do dia afetam o desempenho de fomesafen no controle de plantas daninhas de folha larga; (8.1) ocorre intoxicação das plantas de feijão por ocasião da aplicação de fomesafen; (8.2) plantas do feijoeiro recuperam-se das injúrias provocadas pelo herbicida com o passar dos dias após a realização dos tratamentos; (8.3) horário de aplicação, por meio das variáveis ambientais, do herbicida influencia a fitotoxicidade de fomesafen.

Cada capítulo consta de uma breve introdução específica do assunto tratado, material e métodos utilizados na realização do experimento, resultados, discussão desses e conclusões. Cabe ressaltar que assuntos repetidos de capítulos anteriores (o que ocorreu principalmente no material e métodos) foram apenas mencionados nos capítulos subsequentes.

## 2 EFICÁCIA DE FLUAZIFOP-P-BUTYL NO CONTROLE DE GRAMÍNEAS EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DO HERBICIDA

### 2.1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas causam grande prejuízo na produtividade das lavouras. No Brasil, as perdas no rendimento da cultura do feijão devido à interferência causada pelas plantas infestantes são variáveis entre 25 e 80% (AREVALO e ROZANSKI, 1991). Estima-se que mesmo com a realização de todas as medidas de controle ocorre cerca de 25% de perda no rendimento de grãos na cultura do feijão. Provavelmente, essa cultura é a que apresenta a maior perda potencial devido à interferência das plantas daninhas entre todas as culturas anuais cultivadas no país (VIDAL et al., 2010c).

A maioria das espécies de plantas daninhas importantes no feijoeiro pertence à família *Poaceae* (gramíneas) (COBUCCI, 2008). Dentre as gramíneas, *U. plantaginea*, é uma espécie infestante muito comum nas culturas de verão. Ela apresenta elevado dano à cultura do feijão (COBUCCI, 2004; VIDAL; KALSING; GHEREKHLOO, 2010; KALSING, 2011) e é uma espécie com ampla distribuição e elevada densidade na região sudoeste do Paraná, na qual foi desenvolvido o experimento (TREZZI et al., 2005; TREZZI et al., 2008; NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010).

O método químico, através do uso de herbicidas, é a principal prática de manejo das plantas daninhas nas grandes culturas (LIEBMAN, 2001). É também a forma de gestão das infestantes mais utilizada na cultura do feijão. Fluzifop-p-butyl é um graminicida sistêmico do grupo dos ariloxifenoxipropionatos que impede a síntese de lipídios nas plantas através da inibição da enzima ACCase (VIDAL e MEROTTO JR., 2001).

As condições ambientais no momento da aplicação de herbicidas influenciam em diversas etapas da interação herbicida-planta, destacando-se interceptação, absorção e translocação do produto pela planta. O horário de aplicação do herbicida influencia na variabilidade das condições ambientais, que, por sua vez, afetam o desempenho do produto no controle das plantas daninhas. Desse

modo, aplicações matutinas, vespertinas ou noturnas apresentam variáveis ambientais específicas que juntas influenciam na eficácia do herbicida (LUNDKVIST, 1997; SKUTERUD et al., 1998; FORNAROLLI et al., 1999; FAUSEY e RENNER, 2001; PENCKOWSKY; PODOLAN; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003).

Há necessidade de conhecer o horário de aplicação que favorece a eficácia do herbicida no controle das plantas infestantes. Este trabalho teve como objetivo identificar o horário de aplicação de fluazifop-p-butyl que confere melhor desempenho ao herbicida no controle de gramíneas na cultura do feijão.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental do curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco, PR, situada a uma longitude de 52° 38' O e uma latitude de 26° 11' S, com altitude aproximada de 760 metros. O solo do local é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999). O clima é um Cfa (temperado subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema bifatorial, com quatro repetições. Os níveis do primeiro fator foram constituídos pelos cinco horários de aplicação de fluazifop-p-butyl (02:00h, 06:00h, 11:00h, 16:00h e 21:00h). Ao segundo fator atribuíram-se cinco doses do herbicida (40, 55, 70, 85 e 100% da dose recomendada no rótulo do produto). Foram acrescentadas ainda oito parcelas testemunhas sem aplicação do herbicida. Cada unidade experimental apresentava área de 12 m<sup>2</sup> (6 m de comprimento x 2 m de largura), sendo no total 108 parcelas.

A cobertura de inverno (aveia preta) foi manejada quimicamente com glyphosate (960 g ha<sup>-1</sup>) 28 DAS. Grande quantidade de palha de aveia foi produzida e deixada sobre a superfície do solo. Realizou-se uma gradagem para acelerar o processo de decomposição dos resíduos dessa cultura. Os resíduos ainda remanescentes após tal operação foram retirados da superfície do solo. Essas práticas foram realizadas com a finalidade de não prejudicar a semeadura do feijão e

também para favorecer a emergência das plantas daninhas na área.

O cultivar de feijão IPR Tiziu foi semeado mecanicamente através de semeadora-adubadora no dia 26 de outubro de 2010 com espaçamento entre linhas de 0,40 m e densidade de 288 mil sementes  $\text{ha}^{-1}$ . As sementes foram tratadas com os fungicidas thiram (105 g 100  $\text{kg}^{-1}$  de sementes) e carbendazim (45 g 100  $\text{kg}^{-1}$  de sementes) e o inseticida fipronil (50 g 100  $\text{kg}^{-1}$  de sementes). Como adubação de base foram utilizados 370  $\text{kg ha}^{-1}$  da formulação 08-20-20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

O IPR Tiziu é um cultivar do grupo preto, de alto potencial produtivo e ampla adaptação, sendo indicado para a região sudoeste paranaense, de acordo com o zoneamento agroclimático da cultura do feijão. Apresenta hábito de crescimento indeterminado e porte ereto que favorece a colheita mecânica direta (IAPAR, 2012b,c).

Durante o desenvolvimento da cultura, o controle de pragas foi realizado com aplicação de fipronil (30 g  $\text{ha}^{-1}$ ) e beta-ciflutrina + imidacloprid (9,5 + 75 g  $\text{ha}^{-1}$ ). Para o controle de doenças utilizaram-se piraclostrobina (75 g  $\text{ha}^{-1}$ ) e hidróxido de fentina (200 g  $\text{ha}^{-1}$ ).

Os tratamentos herbicidas foram realizados com a mistura pré-formulada fluazifop-p-butyl + fomesafen (Robust, Syngenta). Esse herbicida foi escolhido para contemplar o controle de espécies mono e dicotiledôneas que surgissem na área experimental. Porém, a infestação com espécies latifoliadas foi mínima. Assim, os resultados do experimento condizem com o controle das gramíneas presentes na área com fluazifop-p-butyl. Desse modo, os tratamentos consistiram da aplicação de 80, 110, 140, 170 e 200 g  $\text{ha}^{-1}$  de fluazifop-p-butyl, em cada horário do dia. Foi adicionado espalhante adesivo nonil-fenoxi-etil na concentração de 0,2% da calda de pulverização. As aplicações foram realizadas com equipamento de pulverização costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com velocidade de deslocamento de 3,6  $\text{km h}^{-1}$  e volume de calda de 200 L  $\text{ha}^{-1}$ . A barra de pulverização era composta por quatro bicos do tipo leque espaçados 0,50 m entre si, formando uma largura de aspensão de 2 m (largura da unidade experimental). A aplicação dos tratamentos ocorreu com a barra posicionada a uma altura de 0,50 m acima da folhagem do feijoeiro.

As aplicações dos tratamentos com o herbicida iniciaram às 16:00h do dia 26 de novembro de 2010 e terminaram às 06:00h do dia 28 de novembro de 2010. Nesse período, as condições ambientais foram de: elevada temperatura do ar

e baixa umidade relativa do ar durante o dia; e temperatura do ar mais amena e elevada umidade relativa do ar durante a noite e no início da manhã.

O controle das monocotiledôneas foi avaliado aos 20 DAT. Para isso foi realizada análise visual de acordo com a escala de avaliação de controle de plantas daninhas por herbicidas proposta por Camper (1986), na qual as notas variam de 0 a 100% (nenhum controle até todas as plantas mortas, respectivamente). A densidade e a massa seca das infestantes também foram determinadas aos 20 DAT, sendo amostradas em duas áreas de 0,25 m<sup>2</sup> localizadas aleatoriamente na área útil da unidade experimental. Para obtenção da densidade, as plantas daninhas presentes nessa área amostrada foram contadas, sendo os valores convertidos para m<sup>2</sup>. Posteriormente, a parte aérea dessas plantas coletadas foi seca em estufa a temperatura de 60 °C até obtenção de massa constante. Posteriormente, as plantas foram pesadas e a massa seca foi extrapolada para valores por m<sup>2</sup>. Os valores de densidade e de massa seca das infestantes m<sup>-2</sup> foram transformados para valores de redução (%) da densidade e da massa seca em relação à testemunha não tratada com o herbicida.

Os dados de controle visual e de redução da densidade e da massa seca das gramíneas foram submetidos à análise de variância, assumindo 25% de probabilidade de erro para a interação entre os fatores. Havendo interação, curvas de dose resposta foram obtidas em cada horário de aplicação, de acordo com a curva de maior ajuste, realizado através do programa computacional SigmaPlot 11.0. A comparação entre os horários de aplicação foi realizada analisando os parâmetros das equações obtidas em cada curva e seus respectivos valores de erro padrão. A partir da equação ajustada para a massa seca das gramíneas, foi calculada a dose do herbicida necessária para se obter 80% de redução da massa ( $D_{80m}$ ). Utilizou-se intervalo de confiança (5% de probabilidade de erro experimental) para comparação dessa variável, obtido nos diferentes horários de aplicação.

## 2.3 RESULTADOS

As principais espécies infestantes encontradas nesse experimento, de acordo com a densidade relativa dessas, foram *U. plantaginea*, *A. sativa* e *D.*

*horizontalis*. Aos 20 DAT, essas representavam 59, 24 e 11%, respectivamente, do total de plantas daninhas existentes nas parcelas não tratadas com fluazifop-p-butyl. Juntas, essas três espécies foram responsáveis por 94% da infestação ocorrida no experimento. Outras espécies de plantas daninhas presentes na área experimental foram: *Bidens pilosa* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sonchus oleraceus* L., *Lolium multiflorum* L. e *Ipomea* spp. Estas somaram apenas 6% da infestação total.

No momento da aplicação dos tratamentos com o herbicida havia elevada infestação (65 plantas m<sup>-2</sup>, na média geral) nas parcelas experimentais. Para controle eficiente de gramíneas recomenda-se a aplicação de fluazifop-p-butyl quando as plantas daninhas encontram-se no estágio de 2 a 4 folhas (LORENZI, 1994; REUNIÃO..., 2009). No entanto, a fim de realizar os tratamentos em condições ambientais adequadas (ausência de precipitação e de nebulosidade), esses foram realizados com as plantas daninhas em estágio de desenvolvimento acima do recomendado (6 a 8 folhas, 24 DAE da cultura). Contudo, em condições experimentais, elevada infestação ou infestantes em estágio de desenvolvimento avançado é favorável para melhor observação de diferenças entre os tratamentos.

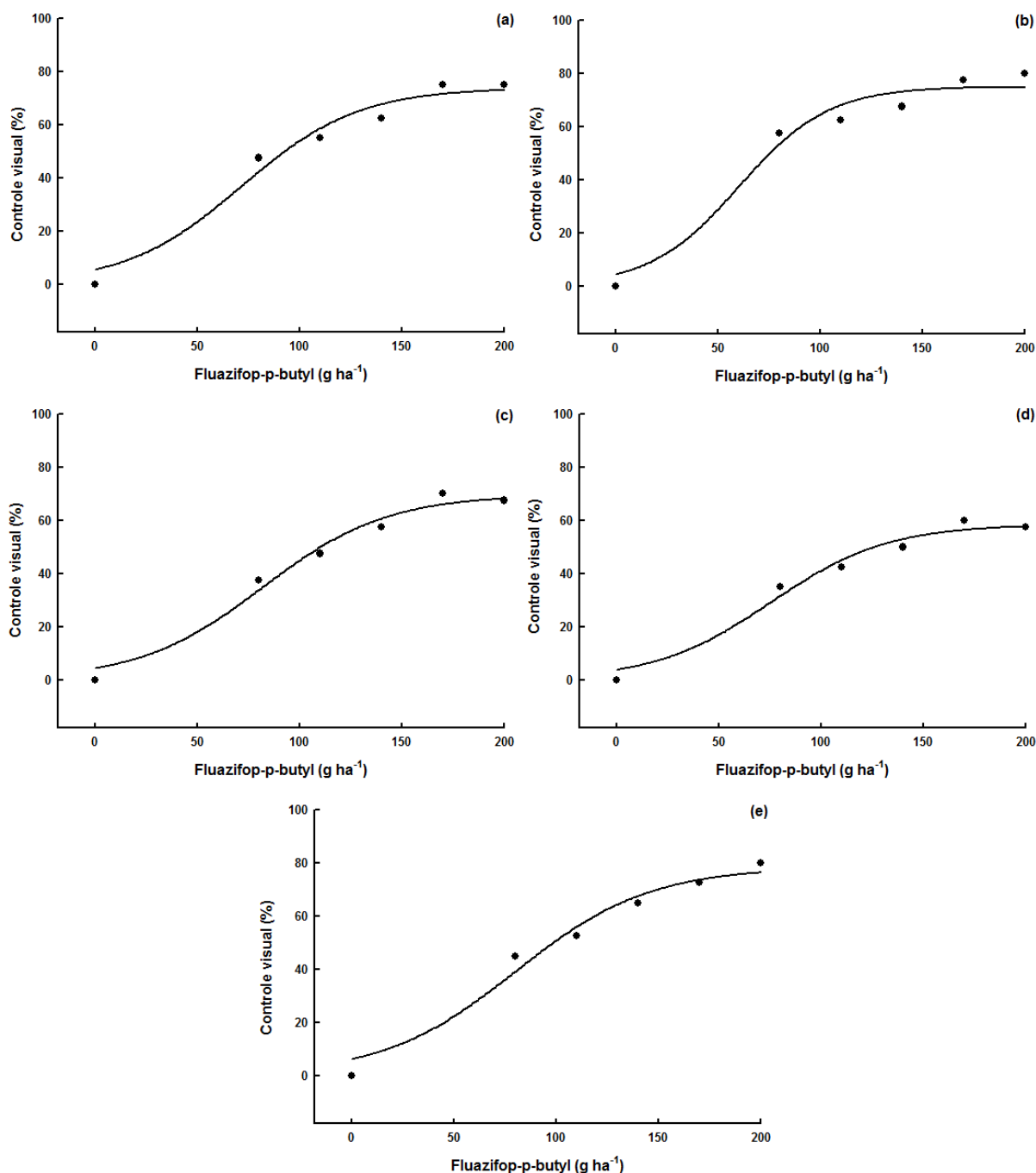
A análise de variância dos dados de controle visual, realizado aos 20 DAT, mostrou interação significativa ( $P < 0,01$ ) entre os fatores. Isso indica que as doses de fluazifop-p-butyl possuem desempenho diferenciado nos diferentes horários em que o herbicida foi aplicado. Para essa variável de controle, a equação sigmoidal foi a que melhor se ajustou aos dados médios observados (Tabela 2.1 e Figura 2.1).

**Tabela 2.1** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o controle visual de gramíneas com diversas doses de fluazifop-p-butyl, em função dos horários de aplicação, avaliado aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>			R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	D <sub>A50c</sub> (ep)	b (ep)		
02:00 horas	74 (5)	72 (10)	28 (10)	0,97	0,01
06:00 horas	75 (4)	60 (11)	22 (10)	0,97	0,01
11:00 horas	70 (5)	82 (08)	30 (09)	0,98	<0,01
16:00 horas	58 (4)	75 (08)	28 (09)	0,98	<0,01
21:00 horas	78 (6)	80 (10)	33 (10)	0,97	<0,01

<sup>a</sup> Sigmoideal com 3 parâmetros:  $y = A / (1 + \exp(-(d - D_{A50c})/b))$ , onde A = assíntota máxima de controle visual; d = dose de fluazifop-p-butyl; D<sub>A50c</sub> = dose que confere 50% do valor da assíntota máxima; b = declividade da curva.

<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.



**Figura 2.1** - Controle visual (%) de gramíneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 20 DAT. Equações na Tabela 2.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

A equação sigmoial indica que sob doses reduzidas do herbicida há pequeno incremento no nível de controle. Mas, a partir de determinado valor, o incremento da dose do produto proporciona elevado efeito na variável resposta, até um valor máximo denominado assíntota máxima (Figura 2.1). Quando o herbicida foi

aplicado às 06:00h, a  $D_{A50c}$  foi de  $60 \pm 11$  g ha<sup>-1</sup>. Esse resultado contrastou do observado quando o herbicida foi aspergido às 11:00h, onde a  $D_{A50c}$  foi de  $82 \pm 8$  g ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.1 e Figura 2.1).

Interação significativa entre os fatores estudados também foi observada com a redução da densidade ( $P < 0,25$ ) e da massa seca ( $P < 0,07$ ) das infestantes, avaliadas aos 20 DAT. Com essas variáveis, melhor ajuste dos dados médios foi obtido com a equação hipérbole retangular (Tabela 2.2 e Figuras 2.2-2.3). Nesses casos, doses reduzidas do herbicida causaram efeitos próximos daquele observado na dose cheia do produto. Assim, ocorreu acentuada redução da densidade ou da massa seca das plantas daninhas desde a menor dose testada (Figuras 2.2-2.3).

**Tabela 2.2** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem a redução da densidade e da massa seca de gramíneas com diversas doses de fluazifop-p-butyl, em função dos horários de aplicação, avaliadas aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>		i	R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	D <sub>A50</sub> (ep)			
Redução da densidade					
02:00 horas	78 (7)	66 (19)	1,19	0,99	<0,01
06:00 horas	82 (18)	50 (41)	1,63	0,95	<0,01
11:00 horas	86 (14)	96 (38)	0,89	0,98	<0,01
16:00 horas	93 (20)	103 (53)	0,90	0,97	<0,01
21:00 horas	80 (6)	59 (15)	1,35	0,99	<0,01
Redução da massa seca					
02:00 horas	106 (5)	48 (9)	2,23	0,99	<0,01
06:00 horas	95 (7)	26 (12)	3,64	0,99	<0,01
11:00 horas	104 (8)	62 (16)	1,70	0,99	<0,01
16:00 horas	107 (11)	70 (22)	1,53	0,99	<0,01
21:00 horas	99 (6)	51 (10)	1,95	0,99	<0,01

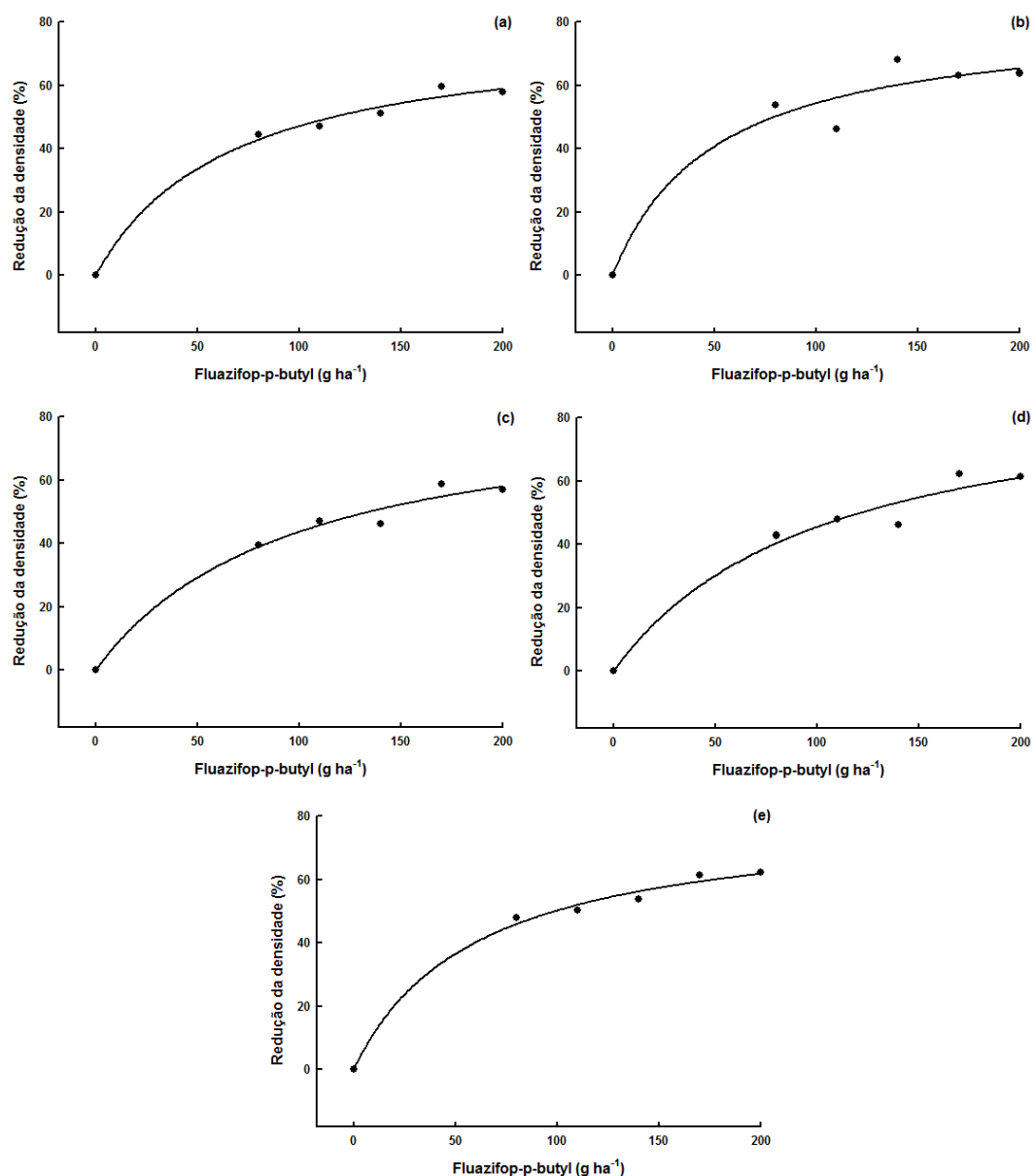
<sup>a</sup> Hipérbole retangular simples com dois parâmetros:  $y = A \cdot d / (D_{A50} + d)$ , onde A= assíntota máxima de redução da densidade ou da massa seca; d= dose de fluazifop-p-butyl;  $D_{A50}$ = dose capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima;  $i = A/D_{A50}$ = redução percentual da densidade ou da massa seca das infestantes para cada grama de fluazifop-p-butyl aplicada.

<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.

Os parâmetros da equação hipérbole retangular (assíntota máxima e  $D_{A50d}$ ), a partir dos seus respectivos valores de erro padrão, utilizados para

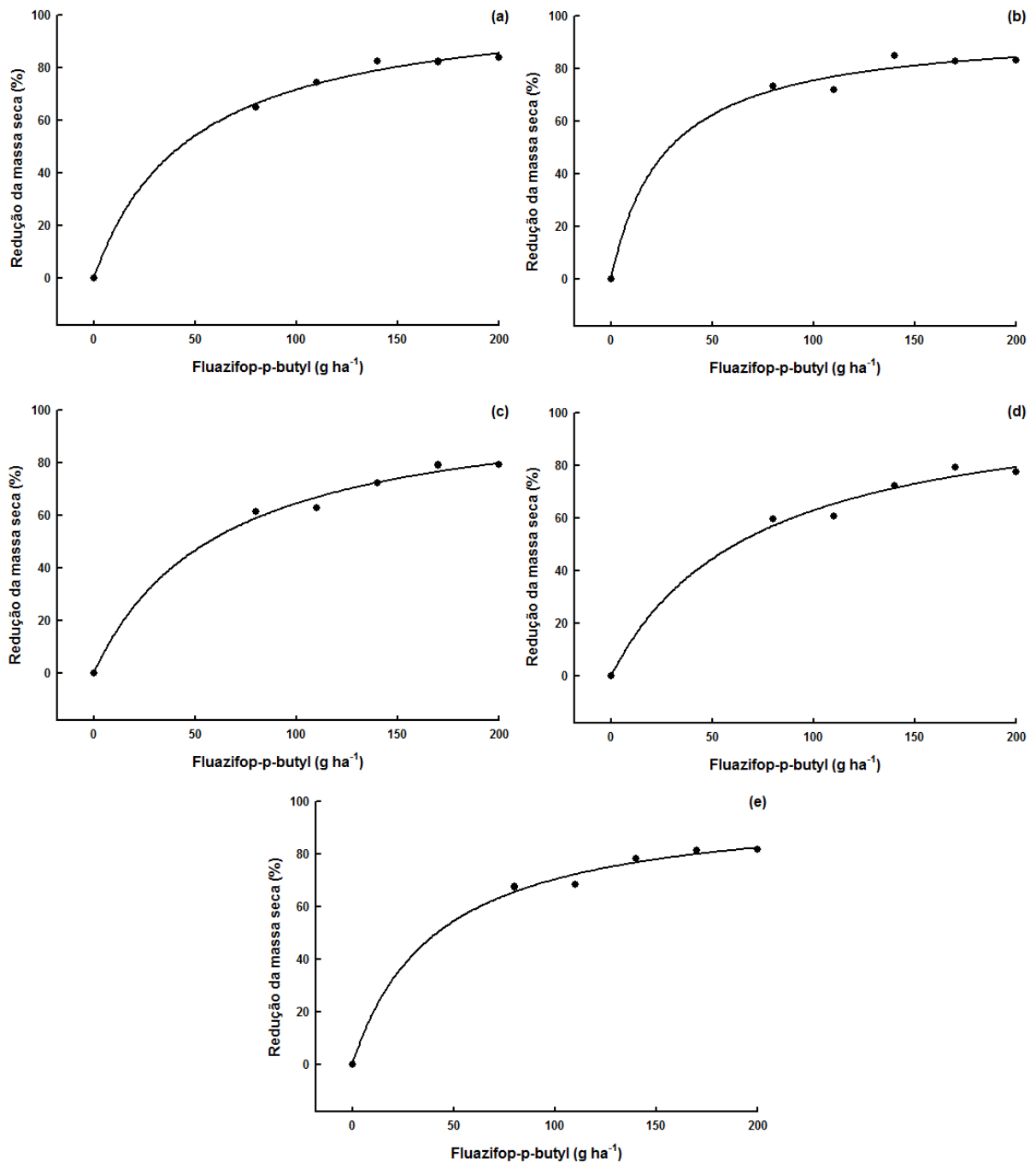


comparação dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl não apresentaram diferenças significativas em relação à redução da densidade de infestantes (Tabela 2.2 e Figura 2.2). Numericamente, a  $D_{A50d}$  quando o herbicida foi aspergido às 11:00h e às 16:00h foi maior comparada com a  $D_{A50d}$  obtida nos demais horários de aplicação do produto (Tabela 2.2). Entretanto, os elevados valores de erro padrão obtidos nesse parâmetro da equação não deixaram essa diferença significativa estatisticamente.



**Figura 2.2** - Redução (%) da densidade de gramíneas, em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 20 DAT. Equações na Tabela 2.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Já em relação à massa seca das gramíneas, a dose de fluazifop-p-butyl ( $26 \pm 12 \text{ g ha}^{-1}$ ) que proporcionou a  $D_{A50m}$  quando o herbicida foi aplicado às 06:00h foi inferior em relação a todas as demais  $D_{A50m}$  obtidas nos outros horários de aspersão do produto (Tabela 2.2 e Figura 2.3).

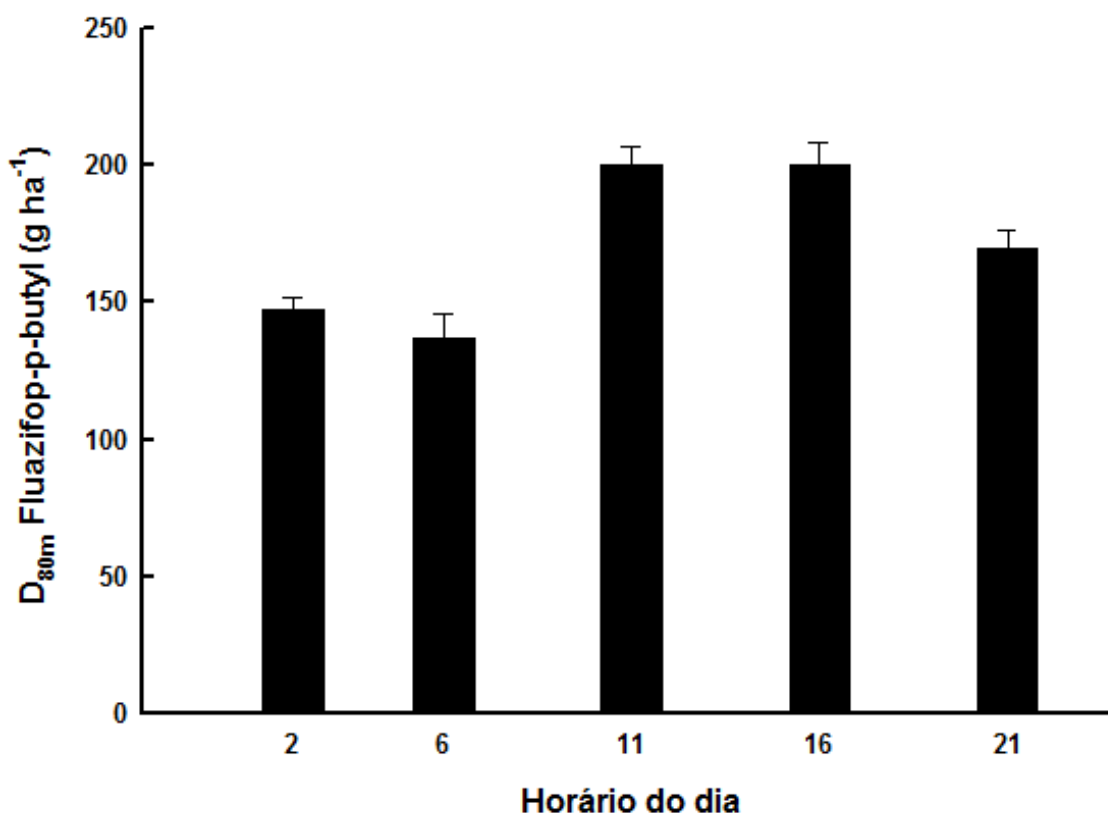


**Figura 2.3** - Redução (%) da massa seca de gramíneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fluazifop-p-butyl: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 20 DAT. Equações na Tabela 2.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

O valor “i” é obtido a partir da razão dos parâmetros da equação hipérbole retangular ( $A:D_{A50}$ ) (KALSING e VIDAL, 2010). Ele representa o valor da tangente que passa pela dose zero (0) e, nesse experimento, indica a redução percentual da densidade ou da massa seca das plantas infestantes para cada grama de fluazifop-p-butyl aplicada (considerando a faixa de doses iniciais do produto).

Quando o herbicida foi aspergido às 11:00h e às 16:00h a redução percentual da densidade e da massa seca das plantas daninhas devido ao efeito de cada grama do herbicida foi menor em relação aos demais horários. O maior valor de “i” foi encontrado no horário de aplicação das 06:00h, tanto para redução da densidade como para redução da massa seca das infestantes (Tabela 2.2).

A  $D_{80m}$  foi menor quando aplicada no horário das 06:00h, contrastando com os horários das 11:00h e das 16:00h, por exemplo. Nesses dois horários de aplicação, somente a máxima dose testada no experimento conseguiu atingir a  $D_{80m}$  (Figura 2.4).



**Figura 2.4** - Eficácia de fluazifop-p-butyl em gramíneas, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 80% de redução da massa seca, avaliada aos 20 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. Barras correspondem ao intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ) da média.

## 2.4 DISCUSSÃO

A discussão desse e dos demais capítulos dessa dissertação será baseada no modelo proposto por Vidal (2010) e resumidamente consta de: síntese das evidências encontradas no diagnóstico conjunto de todas as variáveis avaliadas no experimento e sua comparação com a hipótese descrita; em seguida, a hipótese é extrapolada para outras condições experimentais, através da análise da literatura científica; verificam-se condições experimentais nas quais a hipótese não se encaixa (antítese); por fim, o fechamento ocorre com a síntese científica investigada.

Uma das hipóteses desse capítulo era de que os dados de todas as variáveis de controle das plantas daninhas pelo herbicida avaliadas no experimento se ajustariam de maneira sigmoidal em relação às doses testadas. Essa hipótese foi confirmada para os dados de controle visual e não para os de densidade e de massa seca das plantas infestantes. Todavia, essas duas últimas variáveis ajustaram-se ao modelo da hipérbole retangular. Variação temporal e/ou espacial na infestação e/ou na avaliação pode fazer com que a curva de controle em relação à variável testada ajuste-se de maneira diferenciada: sigmoidal ou hipérbole retangular, por exemplo.

Quando o controle é avaliado precocemente, pode-se obter um resultado linear. Com o passar do tempo, as diferenças entre os tratamentos aumentam, sendo o ajuste sigmoidal característico nesta situação. Quando tratamentos de doses reduzidas apresentam efeito próximo ao obtido nos tratamentos com doses elevadas é possível que a equação hipérbole retangular explique o resultado. Do mesmo modo, quando a faixa de densidade das plantas infestantes é abrangente, variando de baixas a elevadas infestações, o modelo da hipérbole retangular também se aplica (VIDAL e PORTUGAL, 2010). Essas duas condições foram observadas nesse experimento. As menores doses ocasionaram reduções na densidade e na massa seca das gramíneas próximas ao observado nas doses superiores. Também no experimento foram observadas desde baixas infestações (tratamentos com doses elevadas em horários adequados para aplicação do herbicida) até infestações acentuadas (tratamentos com doses baixas em horários inadequados para aspersão do produto e testemunhas sem controle).

As condições ambientais da época de realização dos tratamentos (final de novembro) se caracterizaram resumidamente por elevada temperatura do ar e

baixa umidade relativa do ar durante o dia e decréscimo da temperatura do ar e aumento da umidade relativa do ar no período da noite e no início da manhã. Assim, duas outras hipóteses foram formuladas para esse capítulo.

Primeiro, hipotetizou-se que fluazifop-p-butyl aplicado no horário matutino inicial tem melhor eficácia no controle de gramíneas em relação aos horários com condições mais quentes do dia. Controle visual e massa seca das plantas infestantes confirmam a hipótese proposta. Por exemplo, o controle visual máximo observado aos 20 DAT foi menor quando o herbicida foi aspergido às 16:00h (Tabela 2.1 e Figura 2.1). Em contraste, o herbicida aplicado às 06:00h proporcionou menores valores de  $D_{A50c}$  em relação às 11:00h e de  $D_{A50m}$  em comparação a todos os demais horários (Tabelas 2.1-2.2 e Figuras 2.1 e 2.3).

Desse modo, quando o produto foi aplicado às 06:00h, doses baixas de fluazifop-p-butyl foram suficientes para promover acentuada injúria nas plantas daninhas. Além disso, reduzido controle foi obtido com a aplicação no horário das 11:00h e das 16:00h, mesmo com a máxima dose testada (Tabelas 2.1-2.2 e Figuras 2.1 e 2.3).

O valor de  $D_{80m}$  representa uma variável de comparação prática da eficácia dos herbicidas, pois controles acima de 80% são considerados os mínimos necessários para a recomendação dos produtos (REUNIÃO..., 2009). A maior eficácia de fluazifop-p-butyl aspergido às 06:00h é comprovada em valores reais pela menor  $D_{80m}$  obtida por esse horário de aplicação em relação aos demais, principalmente naqueles horários com condições mais quentes do dia (11:00h e 16:00h) (Figura 2.4).

Poucos trabalhos na literatura descrevem a influência dos horários de aplicação sobre a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase (SKUTERUD et al., 1998; BRACAMONTE; LOECK; PINTO, 1999; DE VILLIERS et al., 2001). Os resultados obtidos nesses experimentos são diversos, variando de acordo com o local e a época do ano de realização.

A hipótese de que fluazifop-p-butyl aplicado no início da manhã confere maior eficácia no controle das monocotiledôneas infestantes, comparada aos horários de maior temperatura do ar, não é válida para alguns casos (SKUTERUD et al., 1998; BRACAMONTE; LOECK; PINTO, 1999) e até contraditória para outro (DE VILLIERS et al., 2001). Por exemplo, em condição na qual o herbicida dichlorprop foi associado a outros herbicidas (ioxynil e MCPA), a eficácia da aplicação realizada de

manhã não diferiu daquela observada em aplicações feitas no meio do dia (SKUTERUD et al., 1998).

Também não houve diferença no controle de *U. plantaginea* quando sethoxydim foi aplicado em diferentes horários do dia (08:00h, 12:00h e 17:00h), para todos os volumes de calda utilizados no experimento (BRACAMONTE; LOECK; PINTO, 1999). Vale ressaltar que as condições ambientais nesses horários de aplicação não eram tão contrastantes entre si como no presente experimento.

O controle de *A. sativa* não diferiu estatisticamente quando tralkoxydim, em água deionizada, foi aplicado às 08:00h ou às 14:00h. No entanto, na presença de bicarbonato de sódio junto à calda de pulverização, verificou-se maior eficácia do herbicida em aspersão vespertina ( $D_{90} = 80 \pm 8 \text{ g ha}^{-1}$ ) em comparação com o tratamento no início da manhã ( $D_{90} = 103 \pm 10 \text{ g ha}^{-1}$ ) (DE VILLIERS et al., 2001).

Apesar da variação dos resultados dos trabalhos descritos acima, pelos resultados apresentados nesse capítulo, pode-se deduzir que fluazifop-p-butyl aspergido no início da manhã apresenta maior eficácia sobre as plantas daninhas monocotiledôneas, quando comparado com aspersões realizadas nos horários vespertinos do dia, principalmente quando houver condições ambientais bem contrastantes entre os dois períodos.

A outra hipótese do trabalho foi que a aplicação noturna de fluazifop-p-butyl alivia, ao menos em parte, os efeitos prejudiciais no controle das infestantes das aspersões realizadas nos horários vespertinos do dia. De fato, a  $D_{80m}$  de fluazifop-p-butyl aplicado nos horários noturnos foi intermediária entre a menor (06:00h) e as maiores (11:00h e 16:00h)  $D_{80m}$  obtidas nos horários de aplicação (Figura 2.4).

Essa hipótese também foi confirmada por outros pesquisadores (DE VILLIERS et al., 2001). De fato, a atividade de tralkoxydim em *A. sativa* foi maior quando o herbicida foi aspergido à noite (22:00h) em relação a aplicação no período inicial da manhã (08:00h). Quando bicarbonato de sódio foi adicionado à calda de pulverização, a aplicação noturna do herbicida também proporcionou maior eficácia no controle em relação à aspersão às 14:00h (DE VILLIERS et al., 2001).

Em relação a essa última hipótese proposta, conclui-se que os horários noturnos de aplicação podem reduzir o efeito adverso das aspersões nos horários vespertinos do dia. Além disso, aplicação noturna pode favorecer a eficácia do herbicida em determinadas situações. Porém, quando as condições diurnas são

favoráveis à aplicação de herbicidas, aspersões noturnas não melhoram a eficácia do produto.

No próximo capítulo da dissertação será abordada a influência das variáveis ambientais sobre as diferenças na eficácia da aplicação de fluazifop-p-butyl nos diversos horários do dia.

## 2.5 CONCLUSÕES

A eficácia no controle de gramíneas com fluazifop-p-butyl é dependente do horário do dia em que o produto é aplicado. Aplicações realizadas em horários vespertinos no verão prejudicam a atividade desse herbicida, quando comparado ao resultado das aplicações matutinas. Aplicação noturna de fluazifop-p-butyl alivia, em parte, os efeitos negativos da aplicação vespertina.

### **3 INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E MORFOLÓGICAS SOBRE A EFICÁCIA DE FLUAZIFOP-P-BUTYL APLICADO EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA PARA O CONTROLE DE GRAMÍNEAS**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Herbicidas têm sua eficácia no controle das plantas daninhas influenciada por diversos fatores que estão relacionados ao trinômio: herbicida, planta infestante alvo e ambiente. Nos anos seguintes após o descobrimento dos herbicidas inibidores da ACCase (final da década de 1960 e início dos anos 1970), uma série de experimentos foram realizados em condições controladas. Esses trabalhos elucidaram os fatores que afetam a atividade desses produtos nas plantas daninhas. Variáveis ambientais, principalmente temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade, tiveram sua influência investigada sobre absorção, translocação e eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase. A limitação da maioria desses estudos é que foram conduzidos em condições controladas, investigando apenas um fator (ou no máximo dois) por vez.

Aumento da temperatura do ar, até determinado limite, favorece a eficácia de herbicidas desse grupo químico no controle das plantas infestantes (GILLESPIE e MILLER, 1983b; MEDD et al., 2001; ANDREWS; MEDD; VAN DE VEN, 2008). Baixas temperaturas do ar podem reduzir o efeito de herbicidas inibidores da ACCase pelo fato de prejudicarem a absorção (GILLESPIE e MILLER, 1983a; HATTERMAN-VALENTI; PITY; OWEN, 2006) e a translocação (GILLESPIE e MILLER, 1983a) do produto pelas plantas daninhas, além de diminuir o metabolismo das mesmas sob tal condição ambiental (GILLESPIE e MILLER, 1983a). Adicionalmente, temperatura do ar reduzida favorece a produção de cera epicuticular da folha (HATTERMAN-VALENTI; PITY; OWEN, 2006). Como efeito adverso para a absorção do herbicida, a cutícula foliar torna-se mais hidrofóbica, reduzindo o molhamento foliar pelo produto.

Por outro lado, o aumento do desempenho de herbicidas inibidores da ACCase também está subordinado até um certo limite dessa variável ambiental (GILLESPIE e MILLER, 1983a ; XIE et al., 1995; XIE et al., 1996; XIE; HSIAO;



QUICK, 1997). Dessa forma, em geral, a eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência da infestante é dependente de um limite de temperatura do ar de até 30°C (VICTORIA FILHO, 2007).

Alguns fatores explicam tal redução da eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase no controle das plantas daninhas com temperaturas do ar demasiadamente elevadas: reduzida retenção de calda (XIE et al., 1995) e/ou possível aumento na desintoxicação do produto (GILLESPIE e MILLER, 1983a; XIE et al., 1996). A absorção do produto pela planta infestante também pode ser prejudicada sob condição de elevada temperatura do ar (HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006). Alterações fisiológicas provocadas pelo acréscimo da temperatura do ar também prejudicariam a translocação do herbicida até o local de ação nos meristemas e poderiam reduzir a suscetibilidade da planta à ação do herbicida.

Portanto, temperatura do ar afeta a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase. De maneira geral, conclui-se que o desempenho dos produtos é ampliado pelo aumento da temperatura do ar, até certo limite. Baixas temperaturas do ar aumentam o conteúdo de cera das folhas e diminuem o metabolismo das plantas, resultando em menor absorção e translocação do produto. Por outro lado, temperaturas do ar muito elevadas reduzem o efeito dos herbicidas desse grupo devido à baixa retenção das gotas pulverizadas, reduzidas absorção e translocação ou maior detoxificação do produto.

Elevada umidade relativa do ar também favorece a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase (GILLESPIE e MILLER, 1983a; GILLESPIE e MILLER, 1983b; SKUTERUD et al., 1998). Melhor desempenho do herbicida aspergido sob elevada umidade relativa do ar é atribuído ao aumento da hidratação da cutícula e ao adiamento da secagem da gota aspergida (RAMSEY; STEPHENSON; HALL, 2005; XU et al., 2010). Essas condições permitem maior absorção e translocação do produto pela planta daninha. De fato, a umidade relativa do ar afeta a condição hídrica da planta e a permeabilidade da cutícula da folha. Sendo assim, essa variável ambiental influencia o fluxo do herbicida através da cutícula foliar e na rapidez do transporte do produto.

A hipótese de melhor eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase com maior umidade relativa do ar nem sempre é válida (XIE; HSIAO; QUICK, 1997). Nesse caso, os motivos da ausência de resposta dos gramínicos nas diversas

condições de umidade relativa do ar estudadas não são esclarecidos. Provavelmente, outro fator (fisiológico ou ambiental) afetou a eficácia do herbicida, mascarando o efeito da umidade relativa do ar.

Desse modo, salvo alguma exceção, constata-se elevada eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase em ambiente com elevada umidade relativa do ar. Tal condição favorece o aumento da absorção e da translocação do produto na planta em função da melhoria das condições hídricas da mesma.

O efeito da intensidade luminosa na eficácia dos herbicidas inibidores da ACCase é variado. Normalmente, condições de elevada irradiância favorecem a atividade desses produtos (KELLS; MEGGITT; PENNER, 1984; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006). Mas, existem situações nas quais o sombreamento pode favorecer a atividade dos inibidores da ACCase (XIE; HSIAO; QUICK, 1994; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006).

Elevada irradiância pode favorecer a absorção dos herbicidas desse grupo químico (HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006). Isso ocorre pelo fato de melhorar a atividade metabólica das plantas. A luz afeta uma grande variedade de processos fisiológicos nas plantas, os quais influenciam diretamente e indiretamente a absorção e a translocação desses produtos (HULL; DAVIS; STOLZENBERG, 1982; VIDAL e MEROTTO JR., 2001). Entre outros fatores fisiológicos e morfológicos, a elevada irradiância favorece a síntese de fotoassimilados, a qual é necessária para o transporte do herbicida na planta (WANAMARTA e PENNER, 1989). Desse modo, a translocação do herbicida na planta é ampliada em condições que favorecem o fluxo de fotoassimilados (KELLS; MEGGITT; PENNER, 1984).

Todavia, existem algumas condições em que elevada luminosidade não favorece a atividade dos herbicidas inibidores da ACCase (XIE; HSIAO; QUICK, 1994; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2006). Especula-se que o sombreamento durante o período de pré-aplicação do herbicida influencia a morfologia das plantas (XIE; HSIAO; QUICK, 1994). Com isso, o desempenho do produto provavelmente é afetado devido às alterações na interceptação, retenção e absorção do herbicida pela planta. Sombreamento anterior à aspersão aumenta a área foliar das plantas, podendo aumentar a interceptação do herbicida (XIE; HSIAO; QUICK, 1994).

Sob baixa intensidade luminosa, as plantas reduzem a detoxificação do herbicida via conjugação, o que contribui para elevar sua eficácia (HILL e STOBBE,

1978). Além disso, maior fitointoxicação pelo herbicida pode ocorrer devido ao menor conteúdo de cera epicuticular em condições sombreadas, em contraste com condições de plena luz (XIE; HSIAO; QUICK, 1994).

Redução da atividade dos inibidores de ACCase sob alta luminosidade também ocorre em herbicidas do grupo dos ciclohexanodionas, os quais estão sujeitos a decomposição pela luz ultra violeta (CAMPBELL e PENNER, 1985; MCMULLAN, 1994; VIDAL e MEROTTO JR., 2001). No entanto, o herbicida utilizado nessa dissertação pertence a outro grupo (ariloxifenoxipropionatos) dos inibidores da ACCase, o qual não está sujeito à fotodegradação.

Em síntese, há limites para elevada eficácia de herbicidas inibidores da ACCase em condições de elevada intensidade luminosa. Elevada irradiância melhora a absorção e a translocação do herbicida. Isso se deve ao fato do metabolismo da planta ser favorecido, principalmente a fotossíntese, o que influencia diretamente a translocação do produto na planta. Contudo, níveis de sombreamento sob situações específicas podem propiciar condições que ampliam o desempenho dos herbicidas.

Como visto até aqui, todas essas variáveis ambientais afetam o desempenho dos herbicidas inibidores da ACCase. Os estudos citados acima referem-se a influência isolada de uma variável ambiental sobre a eficácia do produto. Entretanto, em condições a campo, como é o caso desse experimento, tais variáveis interagem entre si e o resultado dessa interação é que determina a ação do herbicida na planta.

Além das condições ambientais, a morfologia da planta infestante também influencia a eficácia do herbicida no controle da mesma. A interceptação do herbicida pela planta daninha determina a quantidade de produto que torna-se potencialmente disponível para a absorção após a aplicação. O ângulo foliar é um dos fatores relacionados à planta que influenciam a interceptação do produto (MEROTTO JR. e FISCHER, 2008).

Antigamente o ângulo foliar já foi teorizado como um fator que podia afetar a eficácia de herbicidas no controle das plantas daninhas (CRAFTS e ROBBINS, 1973; CRAFTS, 1975; DORAN e ANDERSON, 1976; ANDERSON, 1977; ANDERSON e KOUKKARI, 1978; KOUKKARI e JOHNSON, 1979), devido a sua influência na retenção e na interceptação da calda de pulverização. Mas, somente recentemente o ângulo foliar foi estudado para verificar a eficácia de glyphosate

(NORSWORTHY; OLIVER; PURCELL, 1999; MARTINSON et al., 2002; WALTZ et al., 2004; MOHR; SELLERS; SMEDA, 2007; ZHOU et al., 2007) e de glufosinate (MARTINSON et al., 2002; SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003).

O objetivo desse capítulo foi avaliar a interação de variáveis ambientais e da morfologia das plantas daninhas sobre a eficácia de fluazifop-p-butyl no controle dessas, através da aplicação do herbicida em diversos horários do dia.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento em nível de campo para avaliar a influência das variáveis ambientais e da morfologia das plantas daninhas nos cinco horários de aplicação de fluazifop-p-butyl sobre o desempenho desse herbicida. As características do solo e do clima e a localização do experimento já foram apresentadas no capítulo anterior dessa dissertação.

As variáveis resposta (resultados) desse capítulo foram obtidas a partir do experimento com horários de aplicação e doses de fluazifop-p-butyl, descrito no Capítulo 2 dessa dissertação. Desse modo, o delineamento experimental, os tratamentos culturais (antes e após a semeadura do feijoeiro), os tratamentos com o graminicida e as avaliações realizadas são os mesmos do capítulo anterior e já foram previamente descritos.

As variáveis dependentes (ambientais e de controle das gramíneas) foram correlacionadas entre si, de duas em duas. Primeiramente, as três variáveis de controle (controle visual – apenas aos 20 DAT –, densidade e massa seca das infestantes), já obtidas e analisadas no Capítulo 2, foram correlacionadas entre si, utilizando o máximo de pares de dados possíveis.

Em seguida, as variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento), mensuradas em cada horário de aplicação do herbicida, também foram correlacionadas entre si. Essas variáveis foram medidas no local do experimento por meio de equipamentos portáteis (termômetro, higrômetro, anemômetro e IRGA) e confirmadas com os dados fornecidos pela estação meteorológica do IAPAR, Pato Branco, PR. Por fim, cada uma das variáveis de controle das plantas daninhas foi correlacionada com todas as

variáveis ambientais. A fim de igualar os pares de dados para as correlações ( $n=5$ , respectivo aos cinco horários de aplicação de fluazifo-p-butyl), o parâmetro de eficácia do herbicida no controle das gramíneas  $D_{A50}$  (para controle visual, densidade e massa seca das infestantes e já definidos no capítulo anterior), alcançado em cada horário de aplicação do produto, foi utilizado nessas correlações.

Plantas das três principais gramíneas presentes no experimento (*U. plantaginea*, *A. sativa* e *D. horizontalis*) foram conduzidas em vasos em casa de vegetação para posterior medição do ângulo foliar. Quando as plantas estavam com 6 folhas (mesmo estágio de crescimento das plantas daninhas no momento da aplicação dos tratamentos a campo), por meio de transferidor, o ângulo foliar foi medido em três repetições para cada espécie, nas duas últimas folhas completamente expandidas. Folhas completamente na horizontal em relação ao caule da planta representam um ângulo de  $90^\circ$  e o ângulo de  $0^\circ$  significa folhas completamente na vertical em relação ao caule da planta.

As mensurações do ângulo foliar foram realizadas nos mesmos horários de realização dos tratamentos a campo. As condições ambientais no momento dessas avaliações foram medidas com os mesmos aparatos já descritos anteriormente nesse capítulo. O ângulo foliar de cada espécie foi correlacionado com o horário do dia em que ocorreu a medição. Posteriormente, cada espécie teve seu ângulo foliar correlacionado com a média do ângulo foliar obtida das três espécies. Nos três casos houve elevada correlação ( $P<0,01$ ). Sendo assim, nas correlações dessa variável morfológica com as variáveis ambientais e de controle das infestantes, foi utilizada a média do ângulo foliar das três espécies.

As correlações das variáveis, de duas em duas, foram realizadas utilizando o programa computacional SigmaPlot 11.0. Com os dados das variáveis “x” e “y” foram ajustadas equações lineares (sempre que possível) para obtenção do coeficiente de correlação e o grau de significância dessa correlação. Em algumas exceções, a equação utilizada para descrever a correlação não foi linear, optando-se por aquela que proporcionou melhor ajuste aos dados (com menor quadrado médio do erro experimental da equação e indicado na análise de variância do modelo).

A partir das correlações realizadas acima, um mapa conceitual foi elaborado entre cada uma das variáveis de controle das infestantes com as variáveis ambientais e morfológicas, a fim de encontrar “vias” que explicam a eficácia do herbicida no controle das plantas daninhas. Linhas tracejadas ligando duas variáveis

indicam ausência de correlação significativa ( $P > 0,15$ ) entre essas. A espessura da linha entre duas variáveis e o número de asteriscos sobre o coeficiente de correlação dessas aumenta de acordo com o grau de significância (\*= $P < 0,15$ ; \*\*= $P < 0,10$  e; \*\*\*= $P < 0,05$ ).

Para entender a relação existente entre ângulo foliar e a eficácia de herbicidas, outro experimento foi conduzido em casa de vegetação no LAFLOR, localizado na faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS.

A espécie *A. sativa* foi utilizada como planta modelo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos consistiram de quatro ângulos foliares (0, 45, 67 e 90°), mais uma testemunha que não recebeu a aplicação do herbicida. Fluazifop-p-butyl (250 g ha<sup>-1</sup>) foi aplicado com equipamento de pulverização costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup> e volume de calda de 160 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aspersão do herbicida a temperatura do ar foi de 22°C e a umidade relativa do ar foi de 81%.

No momento da aplicação dos tratamentos, as plantas encontravam-se com cinco folhas. Todas as folhas, exceto a segunda abaixo da folha bandeira, foram cortadas com tesoura entre a bainha e o colmo. A folha remanescente foi ajustada (e fixada com arame e fita) de acordo com o ângulo foliar requerido pelo tratamento (descrito no parágrafo anterior) em relação ao caule da planta, sendo que 0° significa folha totalmente na vertical e 90° representa folha completamente na horizontal.

Para cada ângulo foliar, foi cronometrado o tempo aparente para secagem das gotas da calda pulverizada sobre a folha tratada. Aos 10 DAT, a descoloração foliar foi avaliada por meio de escala visual que vai de 0 a 100% (folhas completamente verdes até descoloração total, respectivamente). O controle visual da aveia foi avaliado com 14 DAT, atribuindo notas que variam de 0 a 100%, conforme a metodologia já descrita anteriormente (CAMPER, 1986). Na mesma data, a parte área remanescente das plantas foi recolhida, seca em estufa e determinada a massa, após sua estabilização.

Os dados das três variáveis resposta (descoloração foliar, controle visual e massa seca da planta modelo) foram submetidos à análise da variância. Havendo significância ( $P < 0,05$ ) para o teste F, realizou-se comparação das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro experimental. Não foi realizada análise estatística para a variável tempo aparente de duração das

gotas sobre a folha tratada pelo fato da mesma não ter sido determinada com repetições. Os seus resultados foram transformados em valores percentuais em relação ao maior tempo de duração determinado.

### 3.3 RESULTADOS

O ângulo foliar das plantas conduzidas em casa de vegetação e as condições ambientais nos momentos em que essa variável morfológica foi avaliada estão descritas na Tabela 3.1. Nos dois horários mais quentes do dia (11:00h e 16:00h), as folhas das gramíneas encontravam-se com pequeno grau de enrolamento.

**Tabela 3.1** - Ângulo foliar médio das três principais espécies de gramíneas presentes no experimento e condições ambientais encontradas no momento da medição dessa variável morfológica. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010.

Horário	Ângulo foliar (°)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )
02:00 horas	63	19,7	68	3,1
06:00 horas	70	23,5	61	3,4
11:00 horas	51	30,1	35	8,7
16:00 horas	48	32,0	31	7,5
21:00 horas	58	21,6	59	4,0

O controle visual correlacionou-se ( $P < 0,01$ ) negativamente com a densidade e com a massa seca das plantas daninhas monocotiledôneas presentes no experimento (Tabela 3.2 e Figura 3.1). Redução do controle visual condiz com aumento da densidade e da massa seca das infestantes. Correlação ( $P < 0,01$ ) positiva foi obtida entre a densidade e a massa seca das plantas daninhas. Isso indica que o aumento da densidade foi acompanhado por acréscimo da massa seca das gramíneas na área amostrada da unidade experimental (Tabela 3.2 e Figura 3.1a).

**Tabela 3.2** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle de gramíneas com variáveis que afetam a eficácia de fluazifop-p-butyl em plantas daninhas monocotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P	n <sup>a</sup>
Controle visual	Densidade de infestantes	$y=108,79-1,78x$	0,79	<0,01	107
Controle visual	Massa seca de infestantes	$y=82,09-1,24x$	0,79	<0,01	107
Densidade de infestantes	Massa seca de infestantes	$y=17,04+0,60x$	0,73	<0,01	107
Ângulo foliar ( <i>A. sativa.</i> )	Horário do dia	$y=68,78-0,66x$	0,31	0,33	5
Ângulo foliar ( <i>U. plantaginea</i> )	Horário do dia	$y=63,88-0,65x$	0,32	0,32	5
Ângulo foliar ( <i>D. horizontalis</i> )	Horário do dia	$y=63,14-0,64x$	0,28	0,36	5
Ângulo foliar ( <i>A. sativa.</i> )	Ângulo foliar médio	$y=3,21+1,00x$	0,99	<0,01	5
Ângulo foliar ( <i>U. plantaginea</i> )	Ângulo foliar médio	$y=-0,14+0,98x$	0,99	<0,01	5
Ângulo foliar ( <i>D. horizontalis</i> )	Ângulo foliar médio	$y=-3,06+1,02x$	0,99	<0,01	5
Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	$y=43,34-0,35x$	0,92	0,01	5
Temperatura do ar	RFA <sup>b</sup>	$y=20,68+0,01x$	0,75	0,06	5
Temperatura do ar	Velocidade do vento	$y=19,29+1,65x$	0,65	0,09	5
Temperatura do ar	Ângulo foliar	$y=10,68x/(-31,97+x)$	0,80	0,04	5
Umidade relativa do ar	RFA	$y=64,86-0,02x$	0,84	0,03	5
Umidade relativa do ar	Velocidade do vento	$y=69,24-4,87x$	0,76	0,06	5
Umidade relativa do ar	Ângulo foliar	$y=-28,61+1,39x$	0,67	0,09	5
RFA	Velocidade do vento	$y=-216,14+274,33x$	0,84	0,03	5
RFA	Ângulo foliar	$y=717099,26*\exp(-0,13x)$	0,58	0,13	5
Velocidade do vento	Ângulo foliar	$y=420,13*\exp(-0,09x)$	0,75	0,08	5
D <sub>A50c</sub> <sup>c</sup>	Temperatura do ar	$y=55,46+0,73x$	0,22	0,42	5
D <sub>A50c</sub>	Umidade relativa do ar	$y=90,64-0,33x$	0,33	0,31	5
D <sub>A50c</sub>	RFA	$y=75,01-0,03x+1,63^{-5}x^2$	0,66	0,34	5
D <sub>A50c</sub>	Velocidade do vento	$y=68,01+1,62x$	0,26	0,38	5
D <sub>A50c</sub>	Ângulo foliar	$y=79,39/(1(x-76,07)^{13,38})$	0,88	0,12	5
D <sub>A50d</sub> <sup>d</sup>	Temperatura do ar	$y=-13,62+3,51x$	0,69	0,08	5
D <sub>A50d</sub>	Umidade relativa do ar	$y=140,24-1,26x$	0,67	0,09	5
D <sub>A50d</sub>	RFA	$y=57,50+0,02x$	0,62	0,12	5
D <sub>A50d</sub>	Velocidade do vento	$y=45,73+8,13x$	0,88	0,02	5
D <sub>A50d</sub>	Ângulo foliar	$y=24,26x/(-37,09+x)$	0,94	0,01	5
D <sub>A50m</sub> <sup>e</sup>	Temperatura do ar	$y=-1,40+2,09x$	0,49	0,19	5
D <sub>A50m</sub>	Umidade relativa do ar	$y=89,52-0,74x$	0,46	0,21	5
D <sub>A50m</sub>	RFA	$y=43,55+0,01x$	0,25	0,40	5
D <sub>A50m</sub>	Velocidade do vento	$y=34,95+4,57x$	0,56	0,15	5
D <sub>A50m</sub>	Ângulo foliar	$y=156,63-1,82x$	0,95	<0,01	5

<sup>a</sup> Número de pares de dados utilizados na análise.

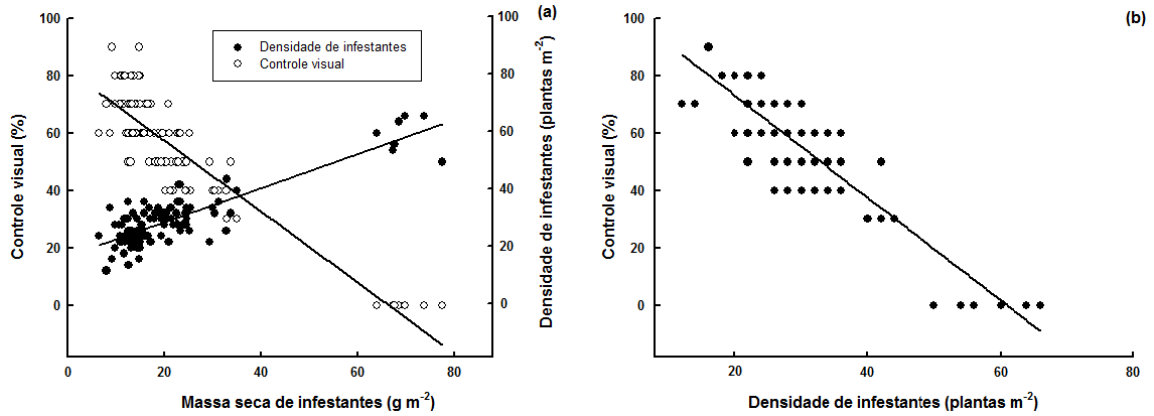
<sup>b</sup> Radiação fotossinteticamente ativa.

<sup>c</sup> Dose de fluazifop-p-butyl que confere 50% do valor da assíntota máxima de controle visual das infestantes.

<sup>d</sup> Dose de fluazifop-p-butyl capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de densidade das infestantes.

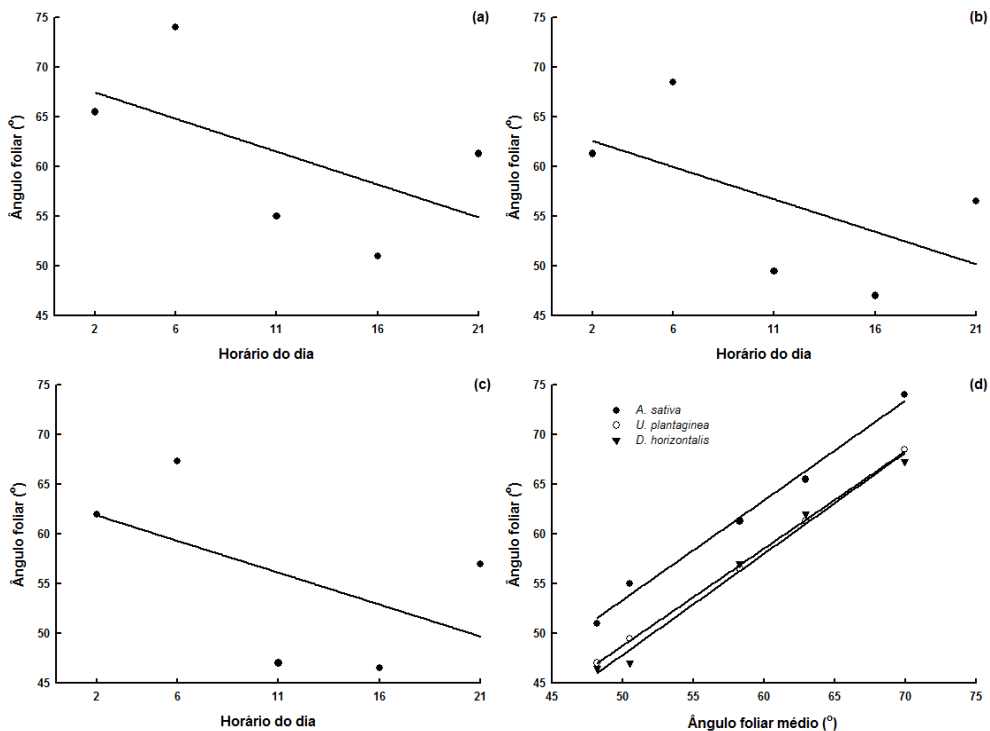
<sup>e</sup> Dose de fluazifop-p-butyl capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de massa seca das infestantes.





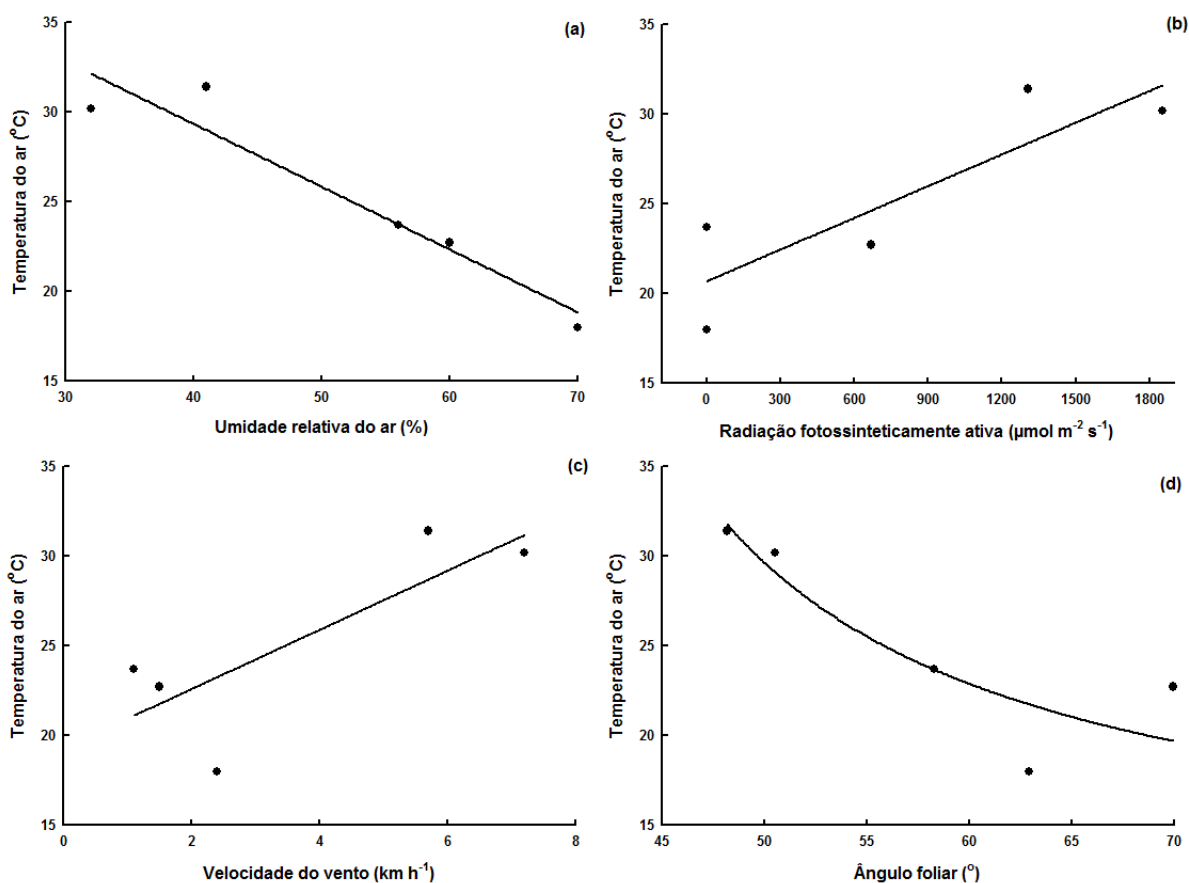
**Figura 3.1** - Correlações entre massa seca com controle visual e densidade (a) e entre densidade com controle visual (b) de plantas daninhas monocotiledôneas. Variáveis de controle avaliadas aos 20 DAT. Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

O ângulo foliar das três principais espécies presentes no experimento apresentou correlação negativa não significativa ( $P > 0,31$ ) com o horário do dia (Figura 3.2a-c). Devido a elevada correlação ( $P < 0,01$ ) do ângulo foliar das três espécies analisadas com o ângulo foliar médio (média dessas três espécies) (Figura 3.2d), esse último foi utilizado nas correlações seguintes com as demais variáveis.



**Figura 3.2** - Correlações entre ângulo foliar de *A. sativa* (a), *U. plantaginea* (b) e *D. horizontalis* (c) com horário do dia e entre ângulo foliar das três espécies analisadas com ângulo foliar médio dessas (d). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

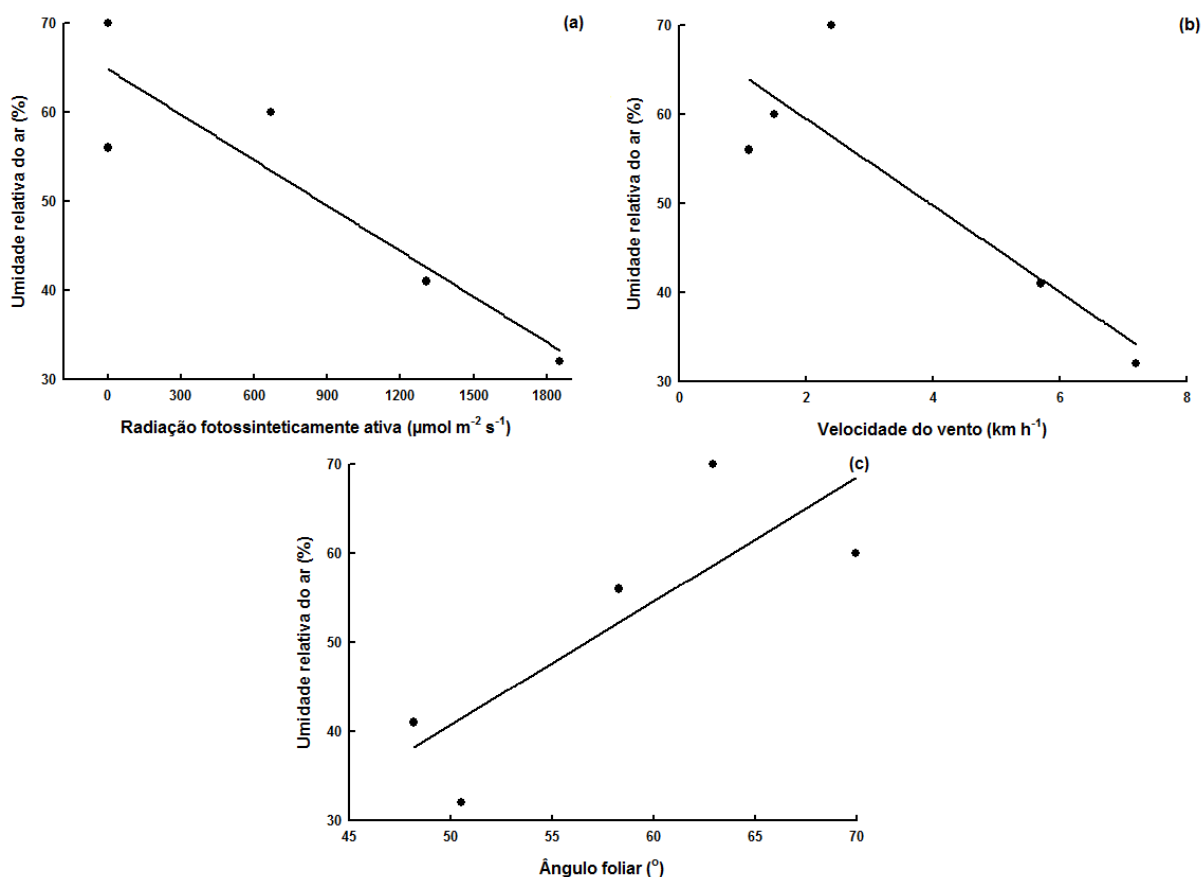
Todas as variáveis ambientais e morfológicas mensuradas no experimento apresentaram correlação significativa ( $P < 0,15$ ) entre si (Tabela 3.2). Temperatura do ar correlacionou-se ( $P < 0,05$ ) negativamente com umidade relativa do ar e ângulo foliar. O acréscimo do valor dessas duas variáveis foi acompanhado pela redução da temperatura do ar (Figuras 3.3a e 3.3d, respectivamente). Esta última variável ambiental ainda teve correlação ( $P < 0,10$ ) positiva com radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Essas duas variáveis ambientais tiveram aumento de seus valores com incremento da temperatura do ar (Figuras 3.3b e 3.3c, respectivamente).



**Figura 3.3** - Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b), velocidade do vento (c) e ângulo foliar (d). Variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

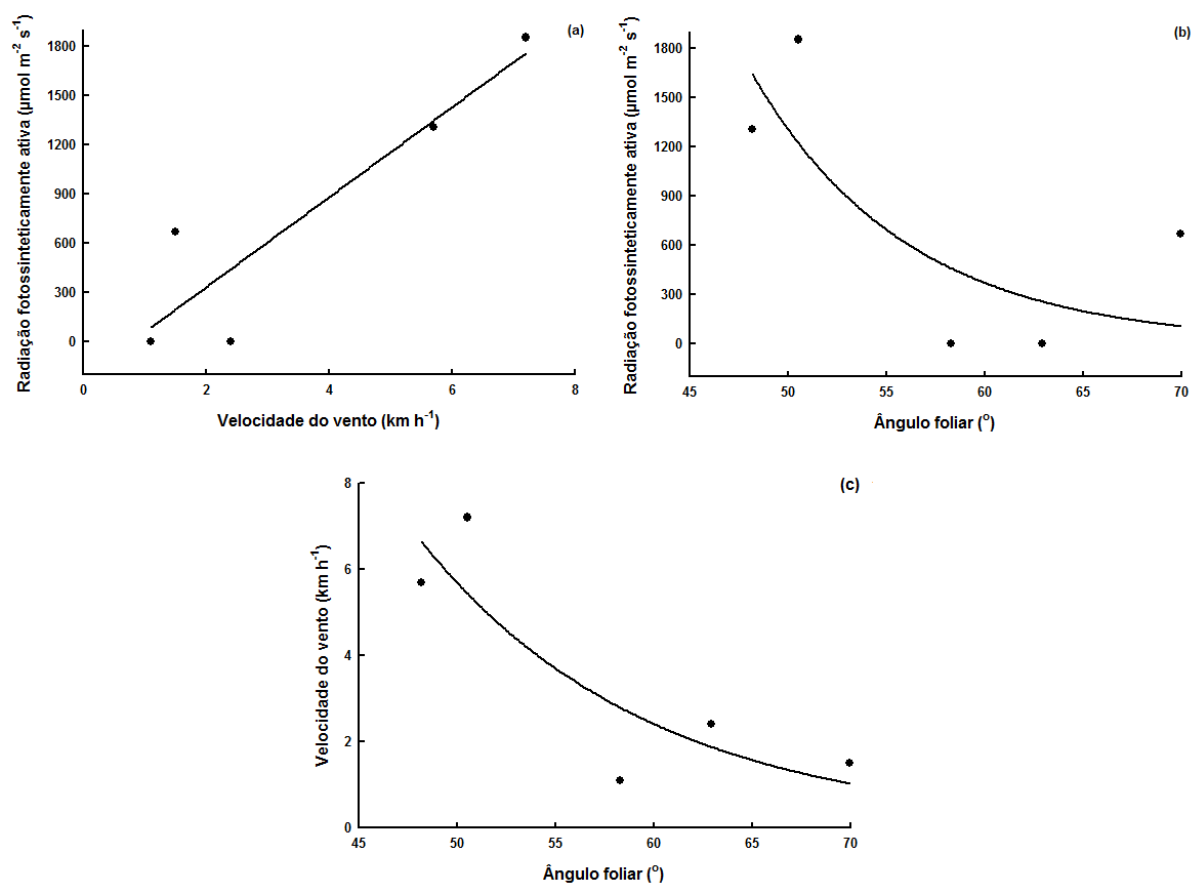
Correlação ( $P < 0,10$ ) positiva da umidade relativa do ar foi encontrada

com ângulo foliar. Neste caso, ângulo foliar elevado ocorreu com umidade relativa mais alta (Figura 3.4c). Em contrapartida, incremento da umidade relativa do ar foi seguido por diminuição da radiação fotossinteticamente ativa ( $P < 0,05$ ) e da velocidade do vento ( $P < 0,10$ ) (Figuras 3.4a e 3.4b, respectivamente).



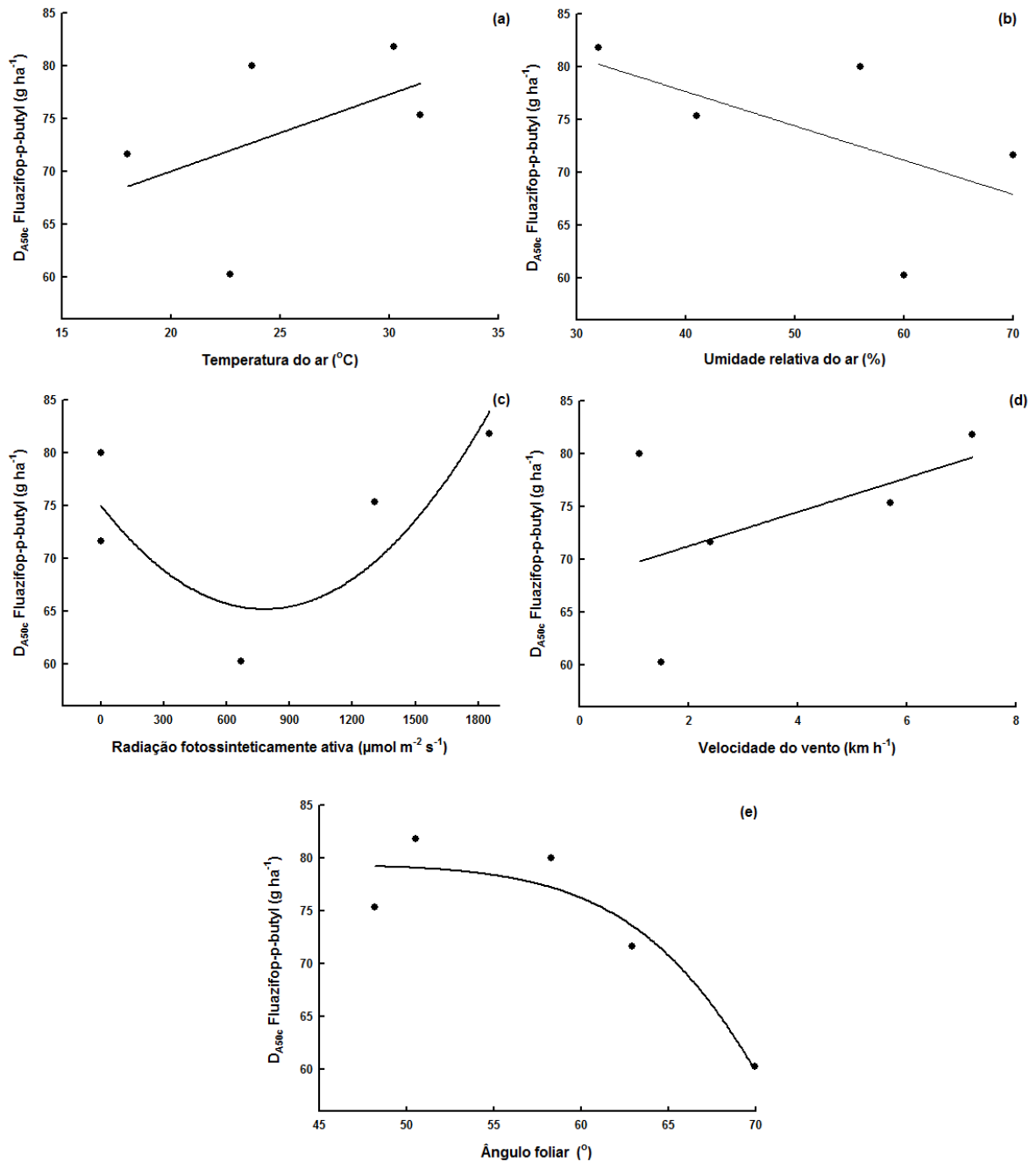
**Figura 3.4** - Correlações entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (a), velocidade do vento (b) e ângulo foliar (c). Variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Radiação fotossinteticamente ativa teve correlação positiva ( $P < 0,05$ ) com velocidade do vento (Figura 3.5a) e negativa ( $P < 0,15$ ) com ângulo foliar (Figura 3.5b). Isso significa que aumento da radiação fotossinteticamente ativa está sendo acompanhado por acréscimo na velocidade do vento e decréscimo no ângulo foliar. Por último, correlação negativa ( $P < 0,10$ ) foi encontrada entre as variáveis velocidade do vento e ângulo foliar (Figura 3.5c). Para a condição de reduzida velocidade do vento ocorreu elevado ângulo foliar.



**Figura 3.5** - Correlações entre radiação fotossinteticamente ativa com velocidade do vento (a) e ângulo foliar (b) e entre velocidade do vento com ângulo foliar (c). Variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

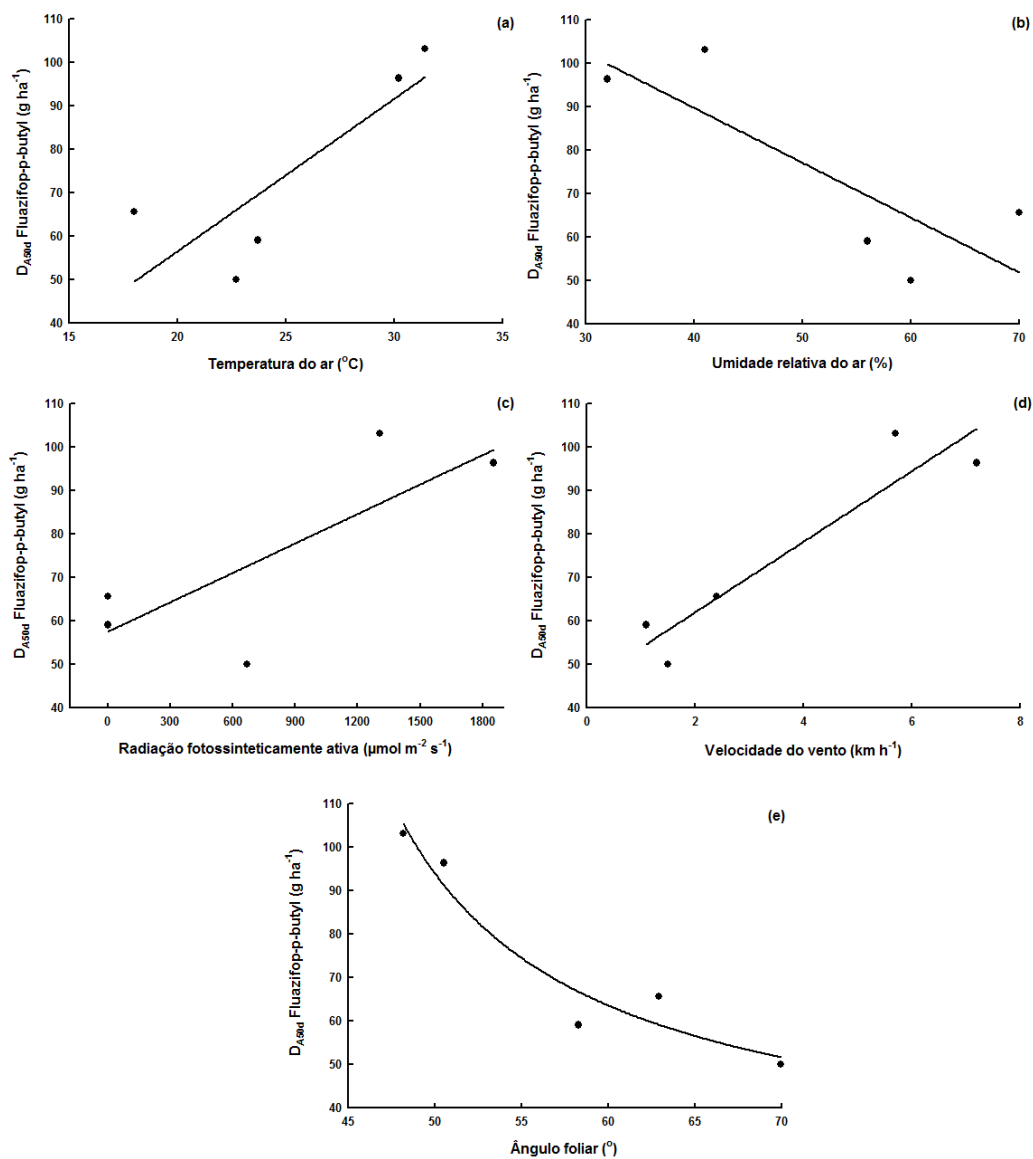
A  $D_{A50c}$  apresentou baixa correlação ( $P > 0,30$ ) com as variáveis ambientais (Tabela 3.2). Dentre essas variáveis, a  $D_{A50c}$  correlacionou-se negativamente com umidade relativa do ar e positivamente com temperatura do ar e velocidade do vento. Desse modo, redução da  $D_{A50c}$  foi observada com aumento da umidade relativa do ar e diminuição da temperatura do ar e da velocidade do vento (Figuras 3.6a, 3.6b e 3.6d, respectivamente). Acréscimo da radiação fotossinteticamente ativa foi acompanhado por redução da  $D_{A50c}$  até certo limite, a partir do qual houve incremento da  $D_{A50c}$  (Figura 3.6c). A variável morfológica (ângulo foliar) obteve correlação ( $P < 0,15$ ) negativa com a  $D_{A50c}$ , sendo esta menor com maior valor da variável morfológica (Figura 3.6e).



**Figura 3.6** - Correlações entre  $D_{A50c}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). Controle visual avaliado aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

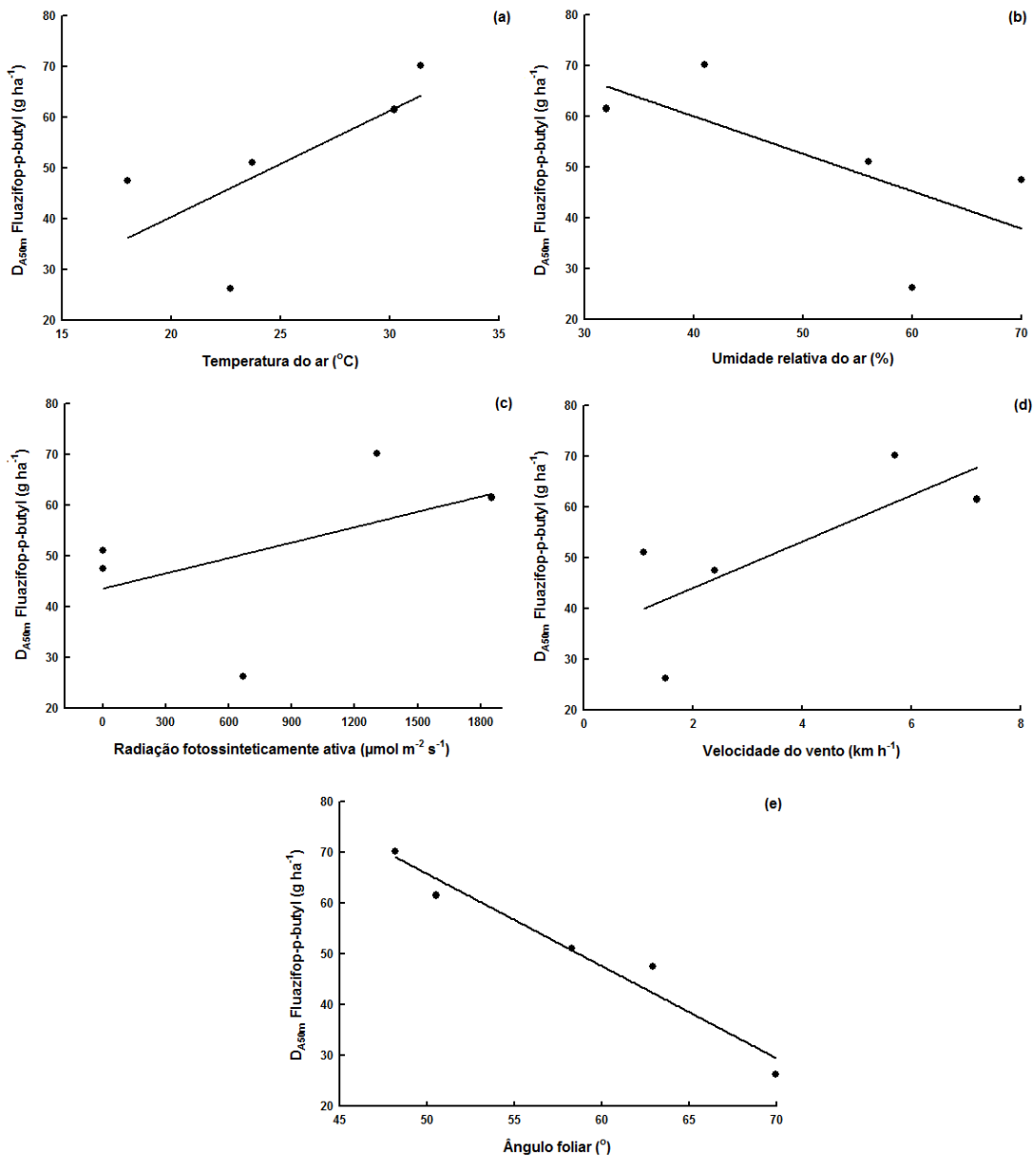
A  $D_{A50d}$  teve comportamento similar à  $D_{A50c}$ , mas correlacionou-se significativamente ( $P < 0,15$ ) com todas as variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento) e morfológica (ângulo foliar) analisadas no experimento (Tabela 3.2).

A  $D_{A50d}$  apresentou correlação positiva com temperatura do ar ( $P < 0,10$ ), radiação fotossinteticamente ativa ( $P < 0,15$ ) e velocidade do vento ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3.2). O aumento dessas variáveis ambientais representou acréscimo da  $D_{A50d}$  (Figuras 3.7a, 3.7c e 3.7d). As outras duas variáveis (umidade relativa do ar e ângulo foliar) correlacionaram-se negativamente ( $P < 0,10$  e  $P < 0,05$ , respectivamente) com a  $D_{A50d}$  (Tabela 3.1). Com incremento dessas variáveis houve redução da  $D_{A50d}$  (Figuras 3.7b e 3.7e).



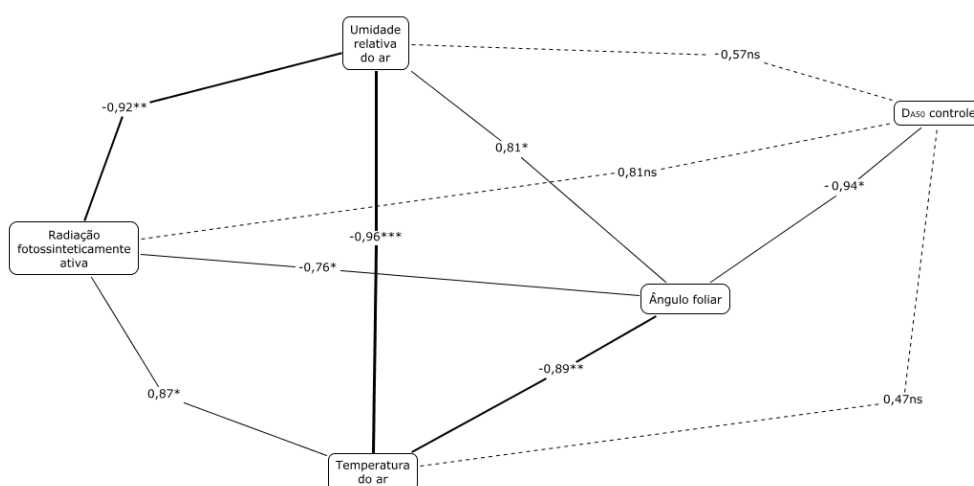
**Figura 3.7** - Correlações entre  $D_{A50d}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). Densidade das infestantes avaliada aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

De maneira análoga à  $D_{A50c}$ , a  $D_{A50m}$  também só apresentou correlação significativa ( $P < 0,01$ ) com ângulo foliar (Tabela 3.2). Tal correlação foi negativa, evidenciando redução da  $D_{A50m}$  com incremento do ângulo foliar (Figura 3.8e). Em relação às variáveis ambientais, a  $D_{A50m}$  foi reduzida com aumento da umidade relativa do ar (Figura 3.8b) e com decréscimo da temperatura do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento (Figura 3.8a, 3.8b e 3.8d).



**Figura 3.8** Correlações entre  $D_{A50m}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c), velocidade do vento (d) e ângulo foliar (e). Massa seca das infestantes avaliada aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). Equações na Tabela 3.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

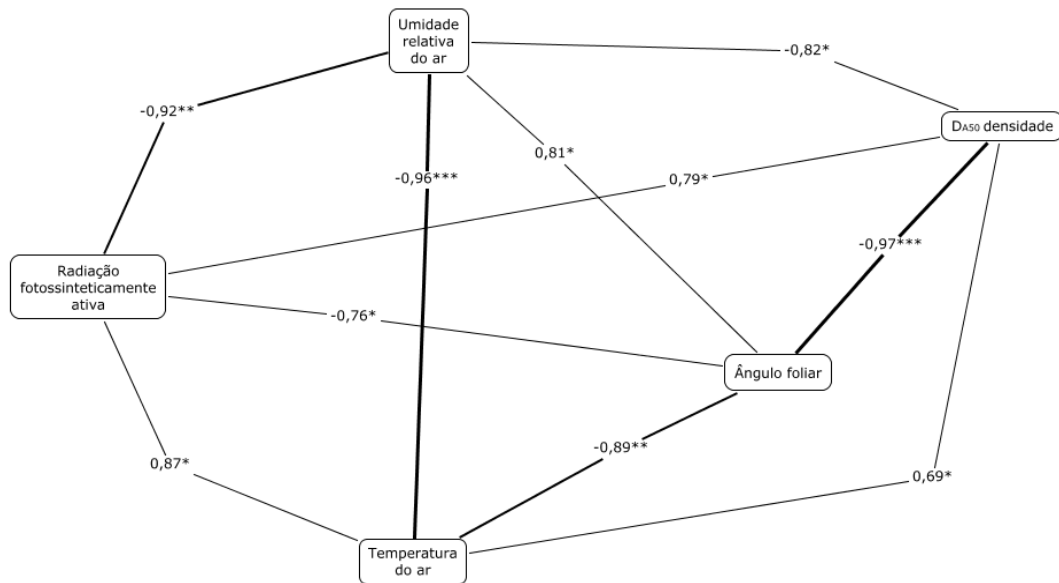
As variáveis ambientais e morfológicas correlacionaram-se entre si, exercendo efeito conjunto na eficácia de fluazifop-p-butyl (Figuras 3.9-3.11). Nos mapas conceituais (Figuras 3.9-3.11) verificam-se “vias” com maior significância (linhas mais espessas) que explicam o desempenho do herbicida nas plantas daninhas. Nesses mapas são apresentadas as correlações com maior nível de significância do efeito de cada variável sobre a outra e dessas sobre  $D_{A50c}$  (Figura 3.9),  $D_{A50d}$  (Figura 3.10) e  $D_{A50m}$  (Figura 3.11).



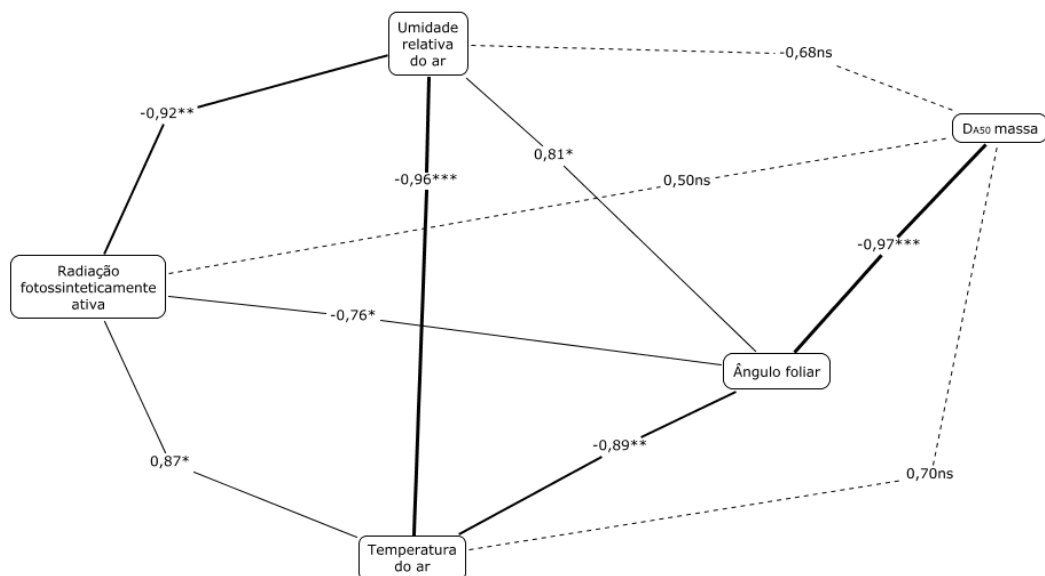
**Figura 3.9** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com  $D_{A50c}$ . Controle visual avaliado aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. \*( $P < 0,15$ ), \*\*( $P < 0,05$ ) e \*\*\*( $P < 0,01$ ). Linhas tracejadas indicam ausência de significância e linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância.

Experimento em casa de vegetação foi realizado para verificar o efeito do ângulo foliar sobre o desempenho de fluazifop-p-butyl. Descoloração foliar e controle visual de *A. sativa* foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 3.3). Os dois maiores ângulos foliares testados ( $67^\circ$  e  $90^\circ$ ) resultaram numericamente em maior descoloração foliar, contudo não diferiram ( $P > 0,05$ ), exceto da testemunha não aspergida com o herbicida, dos demais ângulos foliares. Quando a folha estava disposta mais horizontalmente em relação ao caule da planta de aveia, houve controle visual da infestante numericamente maior, principalmente com  $67^\circ$  (Tabela 3.3).





**Figura 3.10** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com D<sub>A50d</sub>. Densidade das infestantes avaliada aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. \*(P<0,15), \*\*(P<0,05) e \*\*\* (P<0,01). Linhas tracejadas indicam ausência de significância e linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância.



**Figura 3.11** - Mapa conceitual das correlações entre variáveis ambientais (radiação fotossinteticamente ativa, umidade relativa do ar e temperatura do ar) e morfológica (ângulo foliar) com D<sub>A50m</sub>. Massa seca das infestantes avaliada aos 20 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos e; ângulo foliar avaliado em casa de vegetação (média das principais gramíneas presentes no experimento). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. \*(P<0,15), \*\*(P<0,05) e \*\*\* (P<0,01). Linhas tracejadas indicam ausência de significância e linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância.

**Tabela 3.3** - Descoloração foliar, controle visual e massa seca de folhas da planta modelo *A. sativa* em função dos ângulos de interceptação da aplicação de fluazifop-p-butyl. Descoloração foliar avaliada aos 10 DAT e; controle visual e massa seca da infestante avaliados aos 14 DAT. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011.

Tratamentos	Descoloração foliar (%)	Controle visual (%)	Massa seca (g)	Tempo aparente de secagem das gotas (%) <sup>a</sup>
Testemunha	0 b <sup>b</sup>	0 c	0,91 a	-
0°	20 ab	30 bc	0,53 b	26
45°	30 ab	67 ab	0,55 b	100
67°	47 a	87 a	0,38 b	85
90°	47 a	53 ab	0,53 b	64
CV <sup>c</sup> (%)	49	33	19,94	-
DMS <sup>d</sup> (5%)	37	42	0,31	-

<sup>a</sup> Valores percentuais em relação ao maior tempo de duração da gota sobre a folha (5,33 s).

<sup>b</sup> Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>c</sup> Coeficiente de variação do conjunto de dados obtido na análise de variância.

<sup>d</sup> Diferença mínima significativa para comparar as médias dos tratamentos.

Todos os tratamentos, inclusive quando a folha estava totalmente vertical em relação ao caule (0°), reduziram a massa seca da planta daninha em comparação com a testemunha não aspergida com fluazifop-p-butyl (Tabela 3.3). No entanto, não houve diferença significativa (P>0,05) comparando os diferentes ângulos foliares. O tempo aparente de secagem das gotas foi numericamente diferente entre os tratamentos, sendo que o menor tempo foi detectado quando as folhas estavam posicionadas a 0° (Tabela 3.3).

As condições ambientais no momento da aplicação do herbicida foram bem contrastantes entre os horários do dia (Tabela 3.4). Houve dois horários considerados críticos (alta temperatura do ar e umidade relativa do ar baixa) para ação do herbicida na época do ano em que os tratamentos foram realizados. Os demais horários tiveram menores temperaturas do ar e maiores umidades relativa do ar.

**Tabela 3.4** - Condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos com fluazifop-p-butyl para o controle de gramíneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Horário	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	RFA <sup>1</sup> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )
02:00 horas	18,0	70	-0,10	2,4
06:00 horas	22,7	60	670,32	1,5
11:00 horas	30,2	32	1853,58	7,2
16:00 horas	31,4	41	1305,56	5,7
21:00 horas	23,7	56	-0,10	1,1

<sup>1</sup> Radiação fotossinteticamente ativa.

### 3.4 DISCUSSÃO

A eficácia do herbicida fluazifop-p-butyl foi adequadamente determinada pela avaliação visual do controle das plantas daninhas, bem como pela densidade e pela massa seca das infestantes. Essas variáveis se correlacionaram entre si (Tabela 3.2 e Figura 3.1). Condições (horários e doses) adequadas de aplicação do herbicida ocasionaram maiores controles visuais nas plantas daninhas e esses foram acompanhados por maiores reduções na densidade e na massa seca das gramíneas (Tabela 3.2).

Essas três variáveis (controle visual, densidade e massa seca das infestantes) de eficácia do herbicida geram robustez na interpretação dos resultados e confirmação das hipóteses na sequência. Convém destacar que houve forte correlação entre essas variáveis de controle (Tabela 3.2). O controle visual possui o benefício prático de proporcionar resultados rápidos, logo após o surgimento dos sintomas nas plantas daninhas. Entretanto, às vezes é difícil distinguir pequenas diferenças entre os tratamentos através das notas de controle visual. Com a densidade e a massa seca das plantas daninhas é possível observar tais contrastes menores, apesar de que no segundo caso é necessário maior tempo para obtenção dos resultados devido à necessidade de secagem das plantas. No entanto, massa seca das infestantes pode ser ainda mais minuciosa do que a densidade das plantas daninhas, principalmente quando o herbicida causa determinada injúria na planta que reduz seu porte, mas não elimina completamente a infestante. Casos de elevada infestação, plantas daninhas em estádios de crescimento avançados e doses reduzidas do herbicida exemplificam tal condição.

A primeira hipótese desse capítulo foi que as variáveis ambientais afetam a eficácia de fluazifop-p-butyl no controle das plantas daninhas monocotiledôneas. De fato, todas as variáveis ambientais avaliadas no experimento influenciaram as  $D_{A50}$  para controle visual e redução da densidade e da massa seca das infestantes (Tabela 3.2 e Figuras 3.6-3.8). Apesar de menor correlação em alguns casos, as três variáveis de controle citadas acima foram influenciadas pelas variáveis ambientais (Figuras 3.9-3.11).

Por exemplo, elevada umidade relativa do ar aumentou a eficácia do herbicida (Figura 3.7b). Por outro lado, com maiores temperaturas do ar, doses mais

altas de fluazifop-p-butyl foram necessárias para obter a  $D_{A50d}$  (Figura 3.7a). Levando em consideração a elevada interação entre essas duas variáveis (Tabela 3.2 e Figura 3.3a), tais conclusões apoiam os resultados obtidos no capítulo anterior. As condições adequadas de umidade relativa do ar e temperatura do ar (Tabela 3.4) ocorridas às 06:00h contribuíram para maior eficácia do herbicida quando esse foi aplicado nesse horário do dia em comparação com os demais horários de aspersão do produto (Tabelas 2.1-2.2 e Figuras 2.1 e 2.3-2.4). Contrariamente, horários mais quentes do dia foram acompanhados por baixa umidade relativa do ar. Quando aspergido nesses horários (11:00h e 16:00h) menor desempenho do produto foi observado (Tabelas 2.1-2.2 e Figuras 2.1 e 2.3-2.4).

A hipótese de que as variáveis ambientais influenciam o desempenho de herbicidas inibidores da ACCase é confirmada na literatura, como proposto na introdução deste capítulo. Eficácia do herbicida é aumentada quando esse é aplicado em condições de umidade relativa do ar alta (GILLESPIE e MILLER, 1983a; GILLESPIE e MILLER, 1983b; SKUTERUD et al., 1998). Incremento da temperatura do ar também favorece o desempenho do produto na planta (GILLESPIE e MILLER, 1983b; MEDD et al., 2001; ANDREWS; MEDD; VAN DE VEN, 2008), mas até um determinado limite (GILLESPIE e MILLER, 1983a; XIE et al., 1995; XIE et al., 1996; XIE; HSIAO; QUICK, 1997). Nesse experimento, isso contrasta com as condições ambientais ocorridas nos horários das 11:00h e das 16:00h, nos quais as condições ambientais na hora de aplicação eram de baixa umidade relativa do ar (30-40%) e elevada temperatura do ar ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), os quais proporcionaram menor eficácia ao herbicida.

Correlações com graus de significância menores foram encontradas com as variáveis ambientais em relação à  $D_{A50c}$  e à  $D_{A50m}$  (Tabela 3.2 e Figuras 3.6 e 3.8). Em alguns casos, a baixa correlação entre variável ambiental com variável de eficácia do herbicida explica a falta de significância (Figuras 3.6a, 3.6b, 3.6d e 3.8c). Em outro caso, a correlação entre radiação fotossinteticamente ativa com  $D_{A50c}$  foi alta (Figuras 3.6c), mas ainda assim não significativa. O ajuste (quadrático) da curva foi alto, mas ineficaz em explicar o efeito da irradiância sobre a eficácia do herbicida. Com efeito, a revisão de literatura deste capítulo também mostra alguns casos em que o desempenho dos inibidores da ACCase não é influenciado pelas variáveis ambientais (HILL e STOBBE, 1978; XIE; HSIAO; QUICK, 1994; HATTERMAN-VALENTI; PITY; OWEN, 2006).

A segunda hipótese desse capítulo é de que as variáveis ambientais se correlacionam entre si e, conseqüentemente, influenciam a eficácia de fluazifop-p-butyl no controle das gramíneas. De fato, todas as variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento) avaliadas no momento da aspersão dos tratamentos correlacionaram-se ( $P < 0,15$ ) entre si (Tabela 3.2 e Figuras 3.3a-c, 3.4a-b e 3.5a).

Tais correlações são explicadas pela existência de interação entre as variáveis ambientais ao nível de campo, como é o caso desse experimento. Por exemplo, temperatura do ar e umidade relativa do ar correlacionaram-se negativamente (Tabela 3.2 e Figura 3.6a). O aumento da primeira variável prejudicou a eficácia do herbicida pelo fato de ocasionar decréscimo da umidade relativa do ar, o que já foi discutido anteriormente nesse capítulo. Tal interação entre essas duas variáveis ambientais em condições de campo também foi verificada por outros pesquisadores (SKUTERUD et al., 1998; SIVESIND et al., 2011).

A interação entre as variáveis ambientais explicam as diferenças existentes na eficácia do herbicida de acordo com os horários em que o produto foi aplicado. O horário de aspersão de fluazifop-p-butyl das 06:00h, o qual conferiu maior eficácia ao herbicida (ver capítulo anterior), reuniu condições favoráveis de temperatura do ar, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento que possibilitaram proporcionar tal desempenho.

Isso sugere que o efeito do herbicida no controle das plantas daninhas é prejudicado quando existe alguma variável ambiental limitante: temperatura do ar muito baixa ou muito elevada, baixa umidade relativa do ar, ausência de luz ou presença de ventos em velocidades que ocasionem deriva do produto. Os demais horários de aspersão de fluazifop-p-butyl apresentaram eficácia inferior (ao menos numericamente) em relação ao horário de aplicação das 06:00h devido a existência de algum fator limitante: baixa temperatura do ar (02:00h), ausência de luminosidade (02:00h e 21:00h), elevada temperatura do ar (11:00h e 16:00h) e baixa umidade relativa do ar (11:00h e 16:00h).

Além das correlações entre si, as variáveis ambientais influenciaram o ângulo foliar das gramíneas presentes no experimento. As condições ambientais influenciam fatores fisiológicos da planta, tais como a hidratação dos tecidos e a perda de água. Elevado ângulo foliar foi obtido em condições ambientais de baixas temperatura do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento e

elevada umidade relativa do ar (Tabela 3.2 e Figuras 3.3d, 3.4c e 3.5b-c). Horários do dia que apresentam essas condições ambientais aumentam o ângulo foliar devido, pelo menos em parte, a maior turgidez (maior potencial hídrico) da folha. De fato, o maior ângulo foliar foi obtido no horário das 06:00h (Tabela 3.1), o qual apresentou as condições ambientais descritas acima (Tabela 3.4) e também os melhores resultados de controle das gramíneas, como visto no capítulo anterior.

Com isso, uma terceira hipótese proposta para esse capítulo pode ser confirmada: ângulo foliar das plantas daninhas monocotiledôneas influencia a eficácia de fluazifop-p-butyl. De fato, para as condições em que essa variável morfológica foi avaliada nesse experimento, maior ângulo foliar representou decréscimo da  $D_{A50c}$ ,  $D_{A50d}$  e  $D_{A50m}$  (Tabela 3.2 e Figuras 3.6-3.8e). Da mesma forma, o experimento com ângulos foliares realizado em casa de vegetação com a planta modelo *A. sativa* fornece evidências diretas apoiando essa hipótese (Tabela 3.3).

Outros experimentos também relacionaram a eficácia do herbicida com o ângulo foliar das plantas daninhas (ANDERSON e KOUKKARI, 1978; KRAATZ e ANDERSON, 1980; NORSWORTHY; OLIVER; PURCELL, 1999; SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003; MOHR; SELLERS; SMEDA, 2007; ZHOU et al., 2007). Por exemplo, ângulo foliar, através do movimento diurno da folha de *Abutilon theophrasti* Medic, foi sugerido como o responsável no aumento da eficácia da aplicação de glyphosate (MOHR; SELLERS; SMEDA, 2007).

Folha com maior ângulo foliar (mais horizontal em relação ao caule da planta) possui maior interceptação (ANDERSON e KOUKKARI, 1978; KRAATZ e ANDERSON, 1980; SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003) e retenção (ANDERSON e KOUKKARI, 1978; NORSWORTHY; OLIVER; PURCELL, 1999; SELLERS; SMEDA; JOHNSON, 2003) do produto aspergido. Isso ocorre devido à maior exposição de área foliar para o herbicida (KRAATZ e ANDERSEN, 1980; MOHR; SELLERS; SMEDA, 2007; ZHOU et al., 2007). Além disso, com maior ângulo foliar, as gotas da calda pulverizada permanecem por um maior período de tempo sobre a folha (Tabela 3.3).

Apesar da elevada correlação do ângulo foliar com o controle das gramíneas, essa variável não foi medida no momento da aplicação dos tratamentos, mas foi estimada posteriormente em casa de vegetação. Talvez pequenas flutuações no ângulo foliar não representem diferenças na eficácia do herbicida. Entretanto, o

experimento com a planta modelo conduzido em casa de vegetação também apontou maior efeito (ao menos numericamente) de fluazifop-p-butyl com elevação do ângulo foliar em relação a posição da folha na vertical em relação ao caule da planta (Tabela 3.3).

Ângulo foliar influenciou diretamente a eficácia de fluazifop-p-butyl e sugere também ser uma via indireta (através das variáveis ambientais) de influência do herbicida no controle das infestantes. De fato, isso foi confirmado com todas as variáveis de controle das gramíneas: controle visual (Figura 3.9), densidade (Figura 3.10) e massa seca (Figura 3.11) das plantas daninhas.

Essa variável morfológica influencia na interceptação e na retenção da calda do herbicida. Com isso, desde que as condições ambientais sejam favoráveis, o herbicida permanece em maior quantidade e por mais tempo sobre a folha, aumentando a absorção do produto e, conseqüentemente, melhora seu efeito no controle das plantas daninhas.

### 3.5 CONCLUSÕES

As variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, irradiância e velocidade do vento) variam conforme os horários do dia. A eficácia de fluazifop-p-butyl no controle das gramíneas é dependente dessas condições ambientais.

Condições ambientais adequadas encontradas às 06:00h reforçam a maior eficácia do herbicida quando aplicado nesse horário do dia. Demais horários de aspersão de fluazifop-p-butyl apresentaram, pelo menos, um fator ambiental limitante, diminuindo a eficácia do herbicida comparado ao horário de aplicação das 06:00h.

Ângulo foliar das infestantes gramíneas presentes no experimento afeta o desempenho de fluazifop-p-butyl no controle das mesmas. Elevada eficácia do produto ocorre quando as folhas estão posicionadas mais horizontalmente em relação ao caule da planta.

## 4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS DO FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FLUAZIFOP-P-BUTYL + FOMESAFEN APLICADAS EM DUAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

### 4.1 INTRODUÇÃO

A redução no rendimento de grãos das culturas é o prejuízo mais conhecido da interferência das plantas daninhas. Isso ocorre devido à competição das culturas com as infestantes pelos recursos essenciais ao desenvolvimento das plantas: água, luz e nutrientes (VIDAL; MEROTTO JR.; FLECK, 2001). Como já visto anteriormente, a cultura do feijão apresenta elevada redução percentual na produtividade em virtude da interferência ocasionada pelas plantas daninhas. A citar, a competição com plantas daninhas resultou em 52% de perda na produtividade do feijoeiro na comparação de tratamentos com e sem herbicida (WILSON, 2005).

Devido às suas características fisiológicas e seu hábito de crescimento, o feijoeiro apresenta reduzida capacidade competitiva com as plantas daninhas. De fato, a cultura do feijão apresenta um ciclo curto, fato que a deixa bastante sensível à competição com plantas infestantes, sobretudo nas fases iniciais do seu desenvolvimento. Por exemplo, entre quatro culturas, o feijoeiro foi a espécie mais sensível à infestação com *Erodium cicutarium* L. L'Herit. Com densidade dessa infestante de 100-200 plantas m<sup>-2</sup>, a redução na produtividade do feijão chegou a 82% (BLACKSHAW e HARKER, 1998).

Vários trabalhos na literatura reportam sobre a queda no rendimento de grãos da cultura do feijão em decorrência da competição com plantas daninhas (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984; EVANYLO e ZEHNDER, 1989; LUGO e TALBERT, 1989; FRANK, 1990; NEARY e MAJEK, 1990; BLACKSHAW, 1991; MALIK; SWANTON; MICHAELS, 1993; WILSON, 1993; CHIKOYE; WEISE; SWANTON, 1995; LUNKES, 1997; BLACKSHAW e HARKER, 1998; AGUYOH e MASIUNAS, 2003a,b). Em todos esses experimentos, o rendimento de grãos da cultura apresenta redução bastante variável, de acordo com a espécie infestante, a densidade de infestação e o manejo cultural empregado na cultura.



Por exemplo, redução da produtividade do feijoeiro variou de 12 a 31% com uma densidade de *Panicum miliaceum* L. de apenas 10 plantas m<sup>-2</sup> (WILSON, 1993). Com uma densidade de *Solanum sarrachoides* Sendtner mais elevada (100 plantas m<sup>-2</sup>), as perdas no rendimento de grãos do feijão atingiram 77% (BLACKSHAW, 1991).

Entretanto, todos esses trabalhos citados acima referem-se ao efeito de densidades crescentes das infestantes sobre a produtividade do feijoeiro. Poucos trabalhos são referentes à ação de herbicidas no controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, sua influência na produção das plantas de feijão (FONTES et al., 2001; WILSON, 2005; KALSING, 2011).

Em função do convívio entre as plantas infestantes e cultivadas, essas modificam sua morfologia, na maioria dos casos havendo influências negativas para a cultura. As influências negativas no desenvolvimento vegetativo do feijoeiro devido à interferência das plantas daninhas envolvem redução da biomassa e da área foliar (AGUYOH e MASIUNAS, 2003a,b), alteração da estatura (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984) e redução da densidade de plantas de feijão (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984; FONTES et al., 2001; KALSING, 2011).

Prejuízos aos órgãos reprodutivos também ocorrem em função da competição do feijoeiro com plantas daninhas (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984; MALIK; SWANTON; MICHAELS, 1993; AGUYOH e MASIUNAS, 2003a,b; KALSING, 2011). O número de vagens planta<sup>-1</sup>, por exemplo, é um componente bastante influenciador no rendimento de grãos. Vários trabalhos citam redução dessa variável em decorrência da competição com infestantes (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984; MALIK; SWANTON; MICHAELS, 1993; AGUYOH e MASIUNAS, 2003a,b; KALSING, 2011). Os demais componentes do rendimento também podem ser prejudicados pelo convívio com as plantas daninhas: número de grãos vagem<sup>-1</sup> (MESA-GARCÍA e GARCÍA-TORRES, 1984; MALIK; SWANTON; MICHAELS, 1993) e massa do grão (MALIK; SWANTON; MICHAELS, 1993; KALSING, 2011).

Como visto nos capítulos anteriores, condições ambientais no momento da aplicação dos herbicidas (através do horário de aplicação do produto) são muito importantes na determinação da eficácia do produto sobre as plantas daninhas. Aplicação em situações (horários) favoráveis a uma maior eficiência do herbicida resulta em maior controle das infestantes. Nesse caso, a menor

interferência negativa dessas plantas favorece o desenvolvimento e a produção da cultura. O objetivo deste capítulo foi verificar o efeito de fluazifop-p-butyl + fomesafen, aplicado em duas condições experimentais, sobre as características morfológicas, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos da cultura do feijão.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos a campo foram conduzidos na estação experimental da UTFPR, Pato Branco, PR, com coordenadas geográficas, tipo de solo e clima já descritos no Capítulo 2.

A cultura presente na área antes da semeadura desses experimentos e seu manejo são aqueles descritos no Capítulo 2. O cultivar de feijão utilizado, o tratamento de sementes, a data de semeadura, bem como adubação, espaçamento e densidade de semeadura também já foram descritos no Capítulo 2. Após a emergência da cultura, sempre que ocorreu a presença de pragas e enfermidades foram utilizados os produtos descritos no Capítulo 2.

Em cada experimento, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. A área das parcelas foi de 24 m<sup>2</sup> (12 m de comprimento x 2 m de largura) e ao todo foram utilizadas 24 unidades experimentais por experimento.

Os tratamentos foram seis doses da mistura formulada de fluazifop-p-butyl + fomesafen (marca comercial Robust, Syngenta): 0, 40, 55, 70, 85 e 100% daquela constante no rótulo do produto (correspondente a 0, 80 + 100, 110 + 137,5, 140 + 175, 170 + 212,5 e 200 + 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Esse herbicida foi escolhido a fim de contemplar o controle de espécies mono e dicotiledôneas. A baixa infestação com espécies latifoliadas na área experimental fez com que os resultados de eficácia da mistura fossem relacionados apenas com o controle das gramíneas com fluazifop-p-butyl. No entanto, apesar de fomesafen não ter influenciado diretamente no controle das plantas daninhas, nesse e no próximo capítulo foi considerada a toxicidade potencial desse herbicida ao feijoeiro como fator influenciador nos resultados da morfologia e da produção do feijão.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em condições ambientais contrastantes em cada experimento. No primeiro experimento, essas condições foram favoráveis à ação do herbicida nas infestantes (temperatura do ar amena e elevada umidade relativa do ar). No segundo experimento, as condições ambientais foram desfavoráveis ao efeito do produto nas plantas daninhas (elevada temperatura do ar e baixa umidade relativa do ar). Variáveis ambientais do momento da aplicação dos tratamentos constam na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Principais condições ambientais no momento da aspersão do herbicida para o controle de infestantes na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	RFA <sup>a</sup> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
1º experimento	22,7	60	670,32
2º experimento	31,4	41	1305,56

<sup>a</sup> RFA= radiação fotossinteticamente ativa.

Junto aos tratamentos com o herbicida foi adicionado o espalhante adesivo nonil-fenoxi-etil na concentração de 0,2% da calda de pulverização. As aplicações foram realizadas com equipamento de pulverização costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup> e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. O equipamento de pulverização (barra e bicos) e a altura de aspersão são os mesmos descritos no Capítulo 2.

No final do ciclo da cultura, vinte plantas foram escolhidas aleatoriamente da área útil de cada parcela. Essa área correspondeu às três linhas centrais da cultura, descartando ainda um metro de cada extremidade da unidade experimental. Nessas plantas foram avaliadas algumas características morfológicas: estatura final, altura de inserção da primeira vagem com o caule da planta e número de ramificações planta<sup>-1</sup> e os componentes do rendimento: número de vagens m<sup>-2</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos, conforme descrito a seguir no texto.

No momento da colheita, todas as plantas de feijão que apresentavam estruturas reprodutivas formadas dentro da área útil das parcelas foram contadas. Posteriormente, esses dados de densidade do feijoeiro foram extrapolados para

número de plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

A estatura final das plantas de feijão correspondeu a medida (em cm) do colo da planta até o ápice do ramo principal. A inserção da primeira vagem foi medida pela altura (em cm) compreendida entre o colo da planta até o local de inserção da primeira vagem com o caule.

Em cada uma das vinte plantas selecionadas foi contado o número de ramificações  $\text{planta}^{-1}$ , de vagens  $\text{planta}^{-1}$  e de grãos  $\text{vagem}^{-1}$ . Sabendo a densidade de plantas de feijão e o número de vagens  $\text{planta}^{-1}$ , foi estabelecido o número de vagens  $\text{m}^{-2}$ . Cem grãos foram contados e, posteriormente pesados para obtenção da massa de 100 grãos.

Para determinar o rendimento de grãos, as plantas de feijão presentes na área útil das unidades experimentais foram colhidas e trilhadas mecanicamente. Os grãos foram pesados após correção para 13% de umidade. Em seguida os valores obtidos extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados oriundos das avaliações nas plantas de feijão foram submetidos à análise de variância. Foi realizada uma análise conjunta dos dois experimentos, a fim de verificar a ocorrência de interação entre experimento e dose do herbicida. Havendo interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os fatores estudados, uma curva para cada experimento seria traçada em função das doses do produto. Na ausência de interação, os fatores foram analisados individualmente, realizando regressão para o fator quantitativo (doses do herbicida) e comparação múltipla de médias para o fator qualitativo (experimentos) quando  $P < 0,05$ . No primeiro caso, curvas de dose resposta foram realizadas com a média (oriunda dos dados dos dois experimentos) de cada variável analisada, utilizando o programa computacional SigmaPlot 11.0. A ocorrência de diferença significativa entre os experimentos foi verificada pelo teste F da análise de variância.

Também foram realizadas correlações (de duas em duas variáveis) das características morfológicas, dos componentes do rendimento e do rendimento de grãos entre si, bem como dessas variáveis do feijoeiro com as variáveis de controle: controle visual, densidade e massa seca das gramíneas (essas determinações já foram descritas e analisadas no Capítulo 2). Um mapa conceitual das correlações das variáveis das infestantes com as variáveis do feijoeiro foi montado para identificar as causas e os efeitos dessas variáveis sobre o rendimento de grãos da cultura.

### 4.3 RESULTADOS

A análise de variância (dados não apresentados) não indicou interação entre experimentos x tratamentos para todas as variáveis dependentes: características morfológicas, componentes do rendimento e rendimento de grãos do feijoeiro. Dessa forma, os fatores foram analisados separadamente. Os tratamentos realizados influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) todas as variáveis (Tabela 4.2). Assim, realizou-se regressão para o conjunto dos dados dos dois experimentos em função das doses utilizadas do herbicida. Só houve diferença significativa entre experimentos para o número de grãos vagem<sup>-1</sup>. Nesse caso, foi realizada a comparação das médias dessa variável obtida com todas as doses de cada experimento.

**Tabela 4.2** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem as características morfológicas, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen utilizadas para o controle de infestantes, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Características morfológicas	Parâmetros da equação <sup>a,b</sup>					R <sup>2</sup>	P
	a (ep) <sup>c</sup>		b (ep)		c (ep)		
Estatura final	97,51	(0,65)	-0,09	(0,01)	-	0,90	<0,01
Inserção da 1ª vagem	29,47	(0,33)	-0,11	(0,01)	0,001 (0,0001)	0,96	<0,01
Nº de ramificações planta <sup>-1</sup>	1,03	(0,15)	0,01	(0,01)	-4,36 <sup>-5</sup> (5,83 <sup>-5</sup> )	0,62	0,01
Componentes do rendimento							
Densidade de plantas	201,50	(4,25)	1,50	(0,18)	-0,01 (0,001)	0,94	<0,01
Nº de vagens m <sup>-2</sup>	134,11	(15,82)	4,00	(0,65)	-0,03 (0,01)	0,89	<0,01
Nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	3,92	(0,16)	0,03	(0,01)	-0,0002 (6,43 <sup>-5</sup> )	0,77	<0,01
Massa de 100 grãos	17,89	(0,29)	0,01	(0,004)	-	0,51	0,01
Rendimento de grãos	1450,37	(109,70)	26,41	(4,52)	-0,18 (0,04)	0,85	<0,01

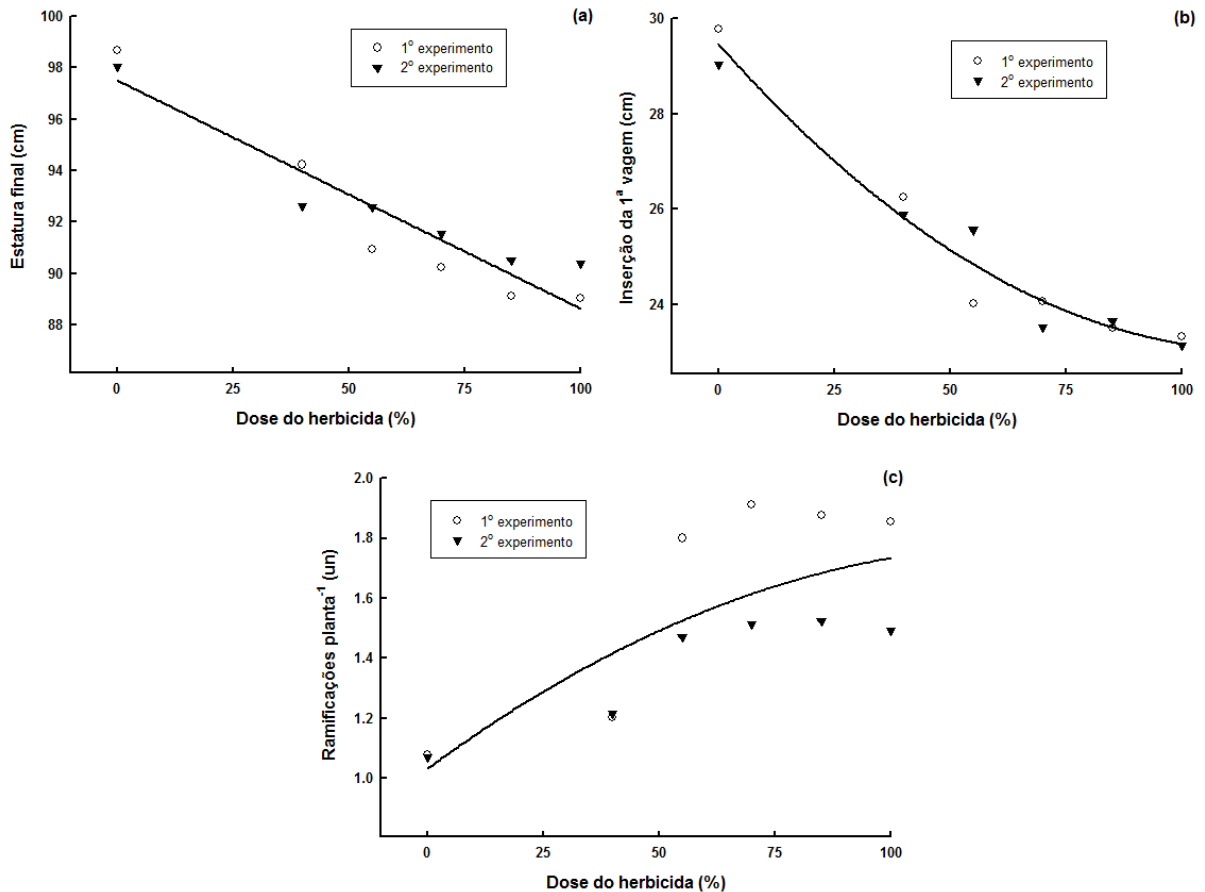
<sup>a</sup> Linear:  $y = a + bx$ ; onde y é a variável dependente e x é a dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen.

<sup>b</sup> Quadrática:  $y = a + bx + cx^2$ ; onde y é a variável dependente e x é a dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen.

<sup>c</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.

Com o incremento da dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen houve redução da estatura final das plantas de feijão e da posição de inserção da primeira vagem com o caule da planta (Figura 4.1a-b, respectivamente). Quando o herbicida

foi utilizado na maior dose, constatou-se redução de aproximadamente 10 cm na estatura final das plantas de feijão em comparação à ausência de aplicação do produto (dose 0). Esse valor representa uma redução da estatura final da planta de praticamente 10% (10/98 cm) (Figura 4.1a).

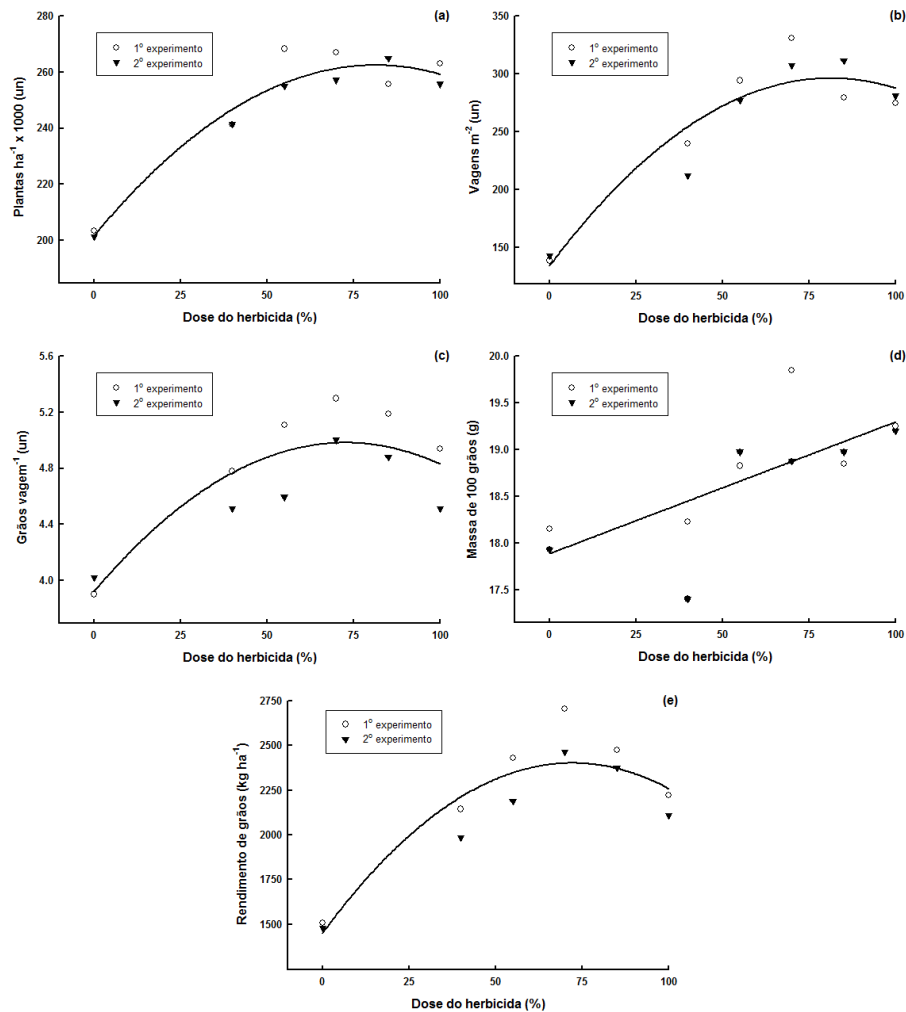


**Figura 4.1** - Estatura final (a), inserção da primeira vagem com o caule (b) e número de ramificações planta<sup>-1</sup> (c) em função de doses de fluzifop-p-butyl + fomesafen (200 + 250 g L<sup>-1</sup>), expressas em valores percentuais da dose registrada (1 L ha<sup>-1</sup>), para o controle de infestantes no feijoeiro, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

De forma análoga à estatura final, a redução da altura de inserção da primeira vagem com o caule da planta do feijoeiro foi de aproximadamente 7 cm quando fluzifop-p-butyl + fomesafen foi utilizado na máxima dose testada em contraste com a menor dose utilizada no experimento. Esse valor representa uma redução de 23% na altura da inserção da primeira vagem (7/30 cm) entre as duas doses mais extremas testadas no experimento (Figura 4.1b).

Em contraste com as características morfológicas anteriores, o número de ramificações planta<sup>-1</sup> aumentou com o acréscimo da dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen. Nesse caso, constatou-se valor 70% (1,7/1,0 ramificações planta<sup>-1</sup>) superior na maior dose em relação à testemunha sem aplicação do herbicida (Figura 4.1c).

Doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen influenciaram quadraticamente os componentes do rendimento (densidade, número de vagens m<sup>-2</sup> e número de grãos vagem<sup>-1</sup>) e o rendimento de grãos do feijoeiro (Figuras 4.2a-c e 4.2e, respectivamente). Mas, a massa de 100 grãos foi afetada de forma linear positiva com o aumento da dose do herbicida (Figura 4.2d).



**Figura 4.2** - Densidade (a), número de vagens m<sup>-2</sup> (b), número de grãos vagem<sup>-1</sup> (c), massa de 100 grãos (d) e rendimento de grãos (e) de plantas de feijão em função de doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen (200 + 250 g L<sup>-1</sup>), expressas em valores percentuais da dose registrada (1 L ha<sup>-1</sup>), para o controle de infestantes, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

A densidade do feijoeiro na área sem aplicação de fluazifop-p-butyl + fomesafen foi de 200 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , na média dos dois experimentos. Entretanto, na dose ótima do herbicida (aproximadamente 80% da dose rotulada) houve aumento de cerca de 60 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , em relação à área testemunha (Figura 4.2a).

O número máximo de vagens  $\text{m}^{-2}$  também foi obtido com dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen próxima a 80% da dose registrada. As plantas na área aspergida com tal dose do herbicida produziram cerca de 300 vagens  $\text{m}^{-2}$ . Esse resultado foi superior ao dobro do observado na área sem aspersão do herbicida (Figura 4.2b).

O número de grãos vagem<sup>-1</sup> foi maximizado pela utilização de dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen próxima a 75% da dose rotulada (Figura 4.2c). Essa variável do feijoeiro mostrou comportamento diferenciado conforme o horário de aplicação do herbicida. No primeiro experimento a produção de grãos vagem<sup>-1</sup> foi superior em relação ao segundo experimento (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3** - Número de grãos vagem<sup>-1</sup> de plantas de feijão tratadas com fluazifop-p-butyl + fomesafen em dois experimentos para o controle de infestantes, na média de seis doses do herbicida. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Tratamentos	Grãos vagem <sup>-1</sup> (un)
Experimento 1	4,87 a <sup>a</sup>
Experimento 2	4,59 b
CV <sup>b</sup> (%)	3,75
DMS <sup>c</sup> (5%)	0,16

<sup>a</sup> Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

<sup>b</sup> Coeficiente de variação do conjunto de dados obtido na análise de variância.

<sup>c</sup> Diferença mínima significativa para comparar as médias dos tratamentos.

A massa de 100 grãos oriundas das plantas da área sem aplicação do herbicida foi de 18 g e aumentou de forma linear para cerca de 19,2 g nas plantas cultivadas na área com a maior dose do produto utilizada no trabalho (Figura 4.2d).

O rendimento de grãos de feijão foi de aproximadamente 1500 kg  $\text{ha}^{-1}$  na área sem aplicação de herbicida. Todavia, houve resposta quadrática com incremento da dose do herbicida. De fato, o máximo rendimento de grãos da cultura foi cerca de 2400 kg  $\text{ha}^{-1}$ , obtido em área onde se utilizou 71% da dose registrada de fluazifop-p-butyl + fomesafen (Figura 4.2e).



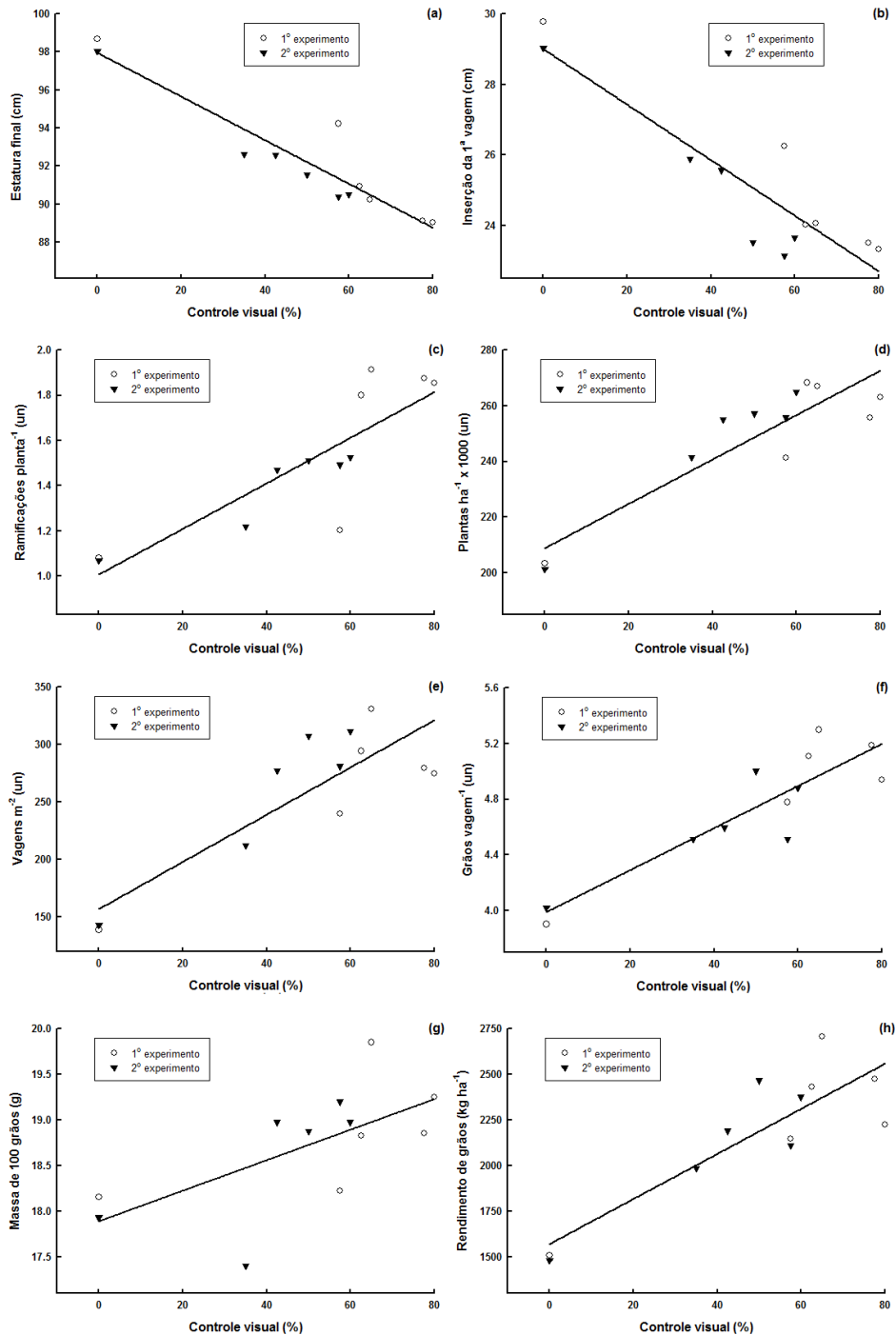
Todas as três variáveis de controle com o herbicida (controle visual, densidade e massa seca das infestantes) avaliadas no experimento correlacionaram-se significativamente ( $P < 0,05$ ) com todas as variáveis do feijoeiro avaliadas nos dois experimentos (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle das infestantes com variáveis avaliadas no feijoeiro em dois experimentos com aplicação de doses de fluzifop-p-butyl + fomesafen. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P
Estatuta final	Controle visual	$y=97,95-0,12x$	0,89	<0,01
Altura de inserção da 1ª vagem	Controle visual	$y=29,00-0,08x$	0,83	<0,01
Nº de ramificações planta <sup>-1</sup>	Controle visual	$y=1,01+0,01x$	0,72	<0,01
Densidade de plantas	Controle visual	$y=208,83+0,80x$	0,82	<0,01
Nº de vagens m <sup>-2</sup>	Controle visual	$y=156,82+2,06x$	0,73	<0,01
Nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	Controle visual	$y=3,99+0,02x$	0,81	<0,01
Massa de 100 grãos	Controle visual	$y=17,89+0,02x$	0,43	0,02
Rendimento de grãos	Controle visual	$y=1569,2312,37x$	0,75	<0,01
Estatuta final	Densidade de infestantes	$y=85,46+0,22x$	0,87	<0,01
Altura de inserção da 1ª vagem	Densidade de infestantes	$y=20,40+0,15x$	0,83	<0,01
Nº de ramificações planta <sup>-1</sup>	Densidade de infestantes	$y=2,04-0,02x$	0,57	0,01
Densidade de plantas	Densidade de infestantes	$y=297,00-1,54x$	0,86	<0,01
Nº de vagens m <sup>-2</sup>	Densidade de infestantes	$y=387,52-4,08x$	0,80	<0,01
Nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	Densidade de infestantes	$y=5,59-0,03x$	0,71	<0,01
Massa de 100 grãos	Densidade de infestantes	$y=19,73-0,03x$	0,44	0,02
Rendimento de grãos	Densidade de infestantes	$y=2928,59-23,66x$	0,76	<0,01
Estatuta final	Massa seca de infestantes	$y=88,55+0,14x$	0,89	<0,01
Altura de inserção da 1ª vagem	Massa seca de infestantes	$y=22,48+0,10x$	0,88	<0,01
Nº de ramificações planta <sup>-1</sup>	Massa seca de infestantes	$y=1,80-0,01x$	0,58	<0,01
Densidade de plantas	Massa seca de infestantes	$y=275,26-1,04x$	0,90	<0,01
Nº de vagens m <sup>-2</sup>	Massa seca de infestantes	$y=329,71-2,74x$	0,84	<0,01
Nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	Massa seca de infestantes	$y=5,22-0,02x$	0,79	<0,01
Massa de 100 grãos	Massa seca de infestantes	$y=19,22-0,02x$	0,37	0,03
Rendimento de grãos	Massa seca de infestantes	$y=2599,54-16,09x$	0,82	<0,01

Menores controles visuais das infestantes proporcionaram plantas de feijão com maior estatura final e inserção da primeira vagem com o caule da planta mais alta (Figura 4.3a-b, respectivamente). Em relação ao máximo controle visual obtido nos dois experimentos (80%), a testemunha (ausência de controle visual) ocasionou incremento de 9% (98/89 cm) na estatura final das plantas do feijoeiro

(Figura 4.3a) e de 21% (29/23 cm) na altura de inserção da primeira vagem com o caule da planta (Figura 4.3b).



**Figura 4.3** - Correlações entre controle visual de infestantes com estatura final (a), inserção da primeira vagem com o caule (b), número de ramificações planta<sup>-1</sup> (c), densidade (d), número de vagens m<sup>-2</sup> (e), número de grãos vagem<sup>-1</sup> (f), massa de 100 grãos (g) e rendimento de grãos (h) de plantas de feijão tratadas com fluazifop-p-butyl + fomesafen, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.4. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Cada planta de feijão nas parcelas sem aspersão de herbicida apresentou apenas uma ramificação planta<sup>-1</sup>. No entanto, nas áreas que apresentaram 80% de controle visual das gramíneas, o número de ramificação por planta foi de 1,8 (Figura 4.3c).

Elevado controle visual das plantas daninhas refletiu em incremento de todos os componentes do rendimento de feijão. Desse modo, densidade de plantas, número de vagens m<sup>-2</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos tiveram acréscimo com o aumento dos níveis de controle visual das gramíneas (Figura 4.3d-g). Na ausência de controle (dose 0), a densidade de plantas de feijão foi de 209 mil ha<sup>-1</sup>. Essa foi incrementada em 23% (272/209 mil plantas ha<sup>-1</sup>) nos tratamentos que resultaram no maior nível de controle visual das infestantes observado (Figura 4.3d).

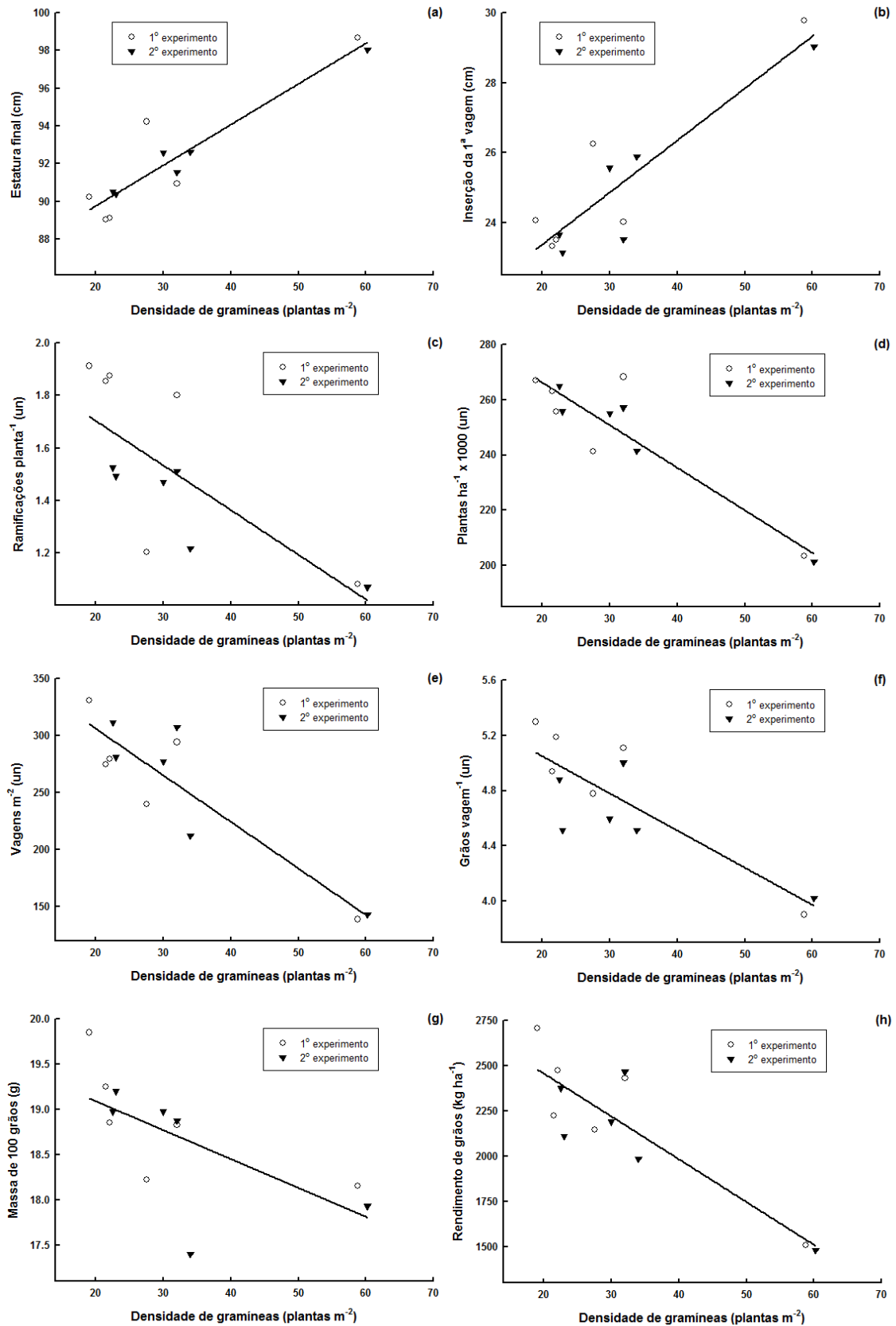
Quando o nível de controle visual foi de 80%, as plantas de feijão produziram 320 vagens m<sup>-2</sup>. Plantas do feijoeiro nas áreas sem aplicação de herbicida produziram pouco mais do que a metade desse valor obtido nos tratamentos com melhor controle visual das plantas daninhas (Figura 4.3e).

Nas áreas com elevado controle visual das infestantes, o número de grãos vagem<sup>-1</sup> foi 23% superior ao observado nas parcelas com ausência de controle visual. As plantas de feijão presentes nas parcelas não tratadas com fluazifop-p-butyl + fomesafen produziram apenas quatro grãos vagem<sup>-1</sup> (Figura 4.3f).

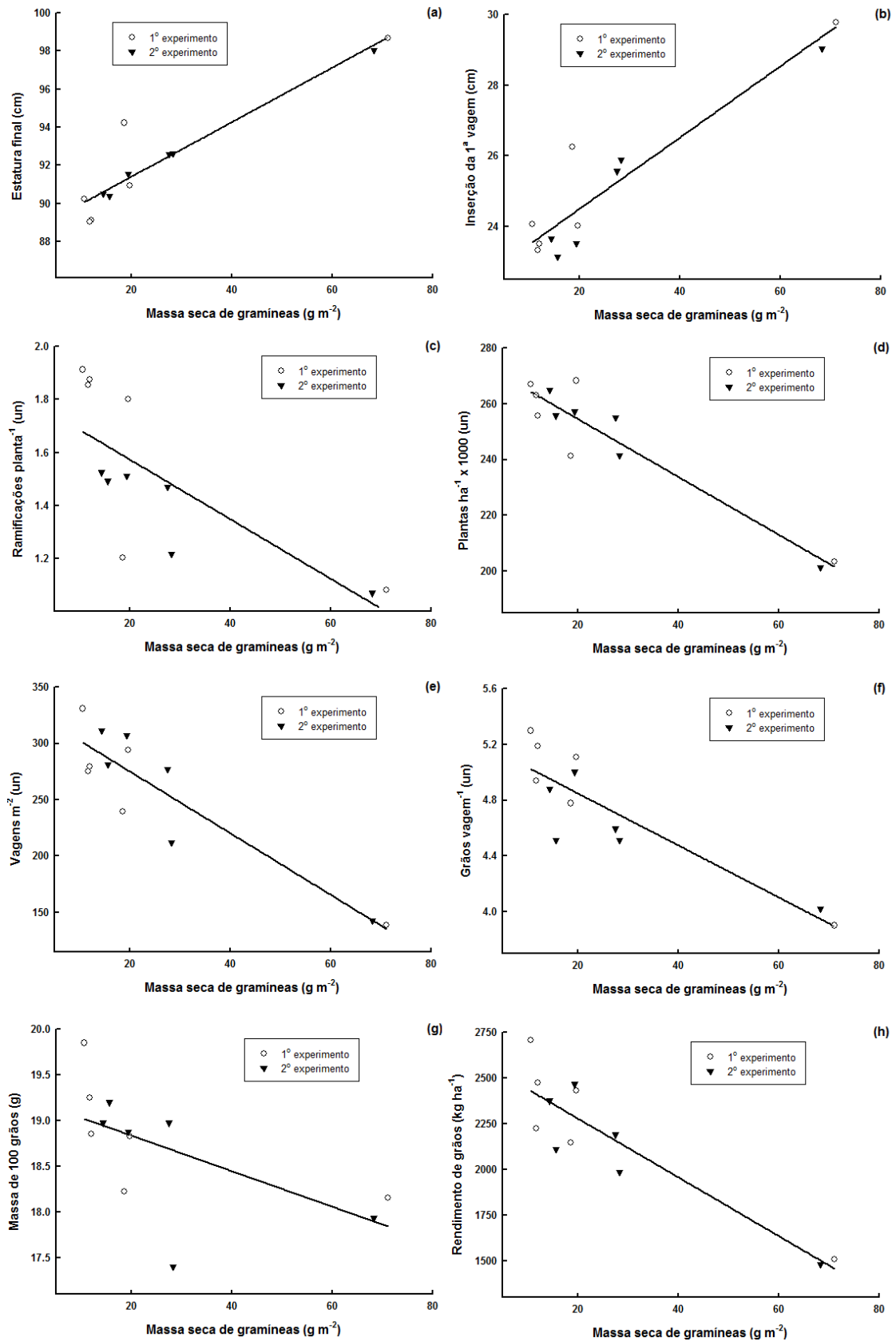
Quando não houve controle das plantas daninhas, a massa de 100 grãos foi de 17,9 g. Todavia, a massa de 100 grãos foi ampliada para 19,2 g quando o nível de controle visual das infestantes atingiu 80% (Figura 4.3g).

Esse aumento linear dos componentes do rendimento na medida em que se incrementou o nível de controle visual das infestantes ocasionou impacto linear e positivo no rendimento de grãos do feijoeiro conforme o controle visual das plantas daninhas aumentou (Figura 4.3h). O rendimento de grãos obtido no tratamento com maior controle visual foi 39% superior (2400/1570 kg ha<sup>-1</sup>) à testemunha não tratada com herbicida.

Plantas de feijão que conviveram com maior infestação de plantas daninhas sofreram aumento da estatura final (Figuras 4.4-4.5a). Sob elevada densidade (60 plantas m<sup>-2</sup>) ou massa seca (70 g m<sup>-2</sup>) de infestantes, as plantas de feijão apresentaram acréscimo de 8% na estatura final em relação à menor densidade (19 plantas m<sup>-2</sup>) ou menor massa seca (11 g m<sup>-2</sup>) de plantas daninhas ocorridas no experimento.



**Figura 4.4** - Correlações entre densidade de gramíneas com estatura final (a), inserção da primeira vagem com o caule (b), número de ramificações planta<sup>-1</sup> (c), densidade (d), número de vagens m<sup>-2</sup> (e), número de grãos vagem<sup>-1</sup> (f), massa de 100 grãos (g) e rendimento de grãos (h) de plantas de feijão tratadas com fluzifop-p-butyl + fomesafen, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.4. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.



**Figura 4.5** - Correlações entre massa seca de gramíneas com estatura final (a), inserção da primeira vagem com o caule (b), número de ramificações planta<sup>-1</sup> (c), densidade (d), número de vagens m<sup>-2</sup> (e), número de grãos vagem<sup>-1</sup> (f), massa de 100 grãos (g) e rendimento de grãos (h) de plantas de feijão tratadas com fluazifop-p-butyl + fomesafen, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.4. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Na mesma situação de comparação (baixa x elevada infestação), a altura de inserção da primeira vagem com o caule da planta do feijoeiro foi mais alta na segunda condição (Figuras 4.4-4.5b). De fato, foi constatada elevação de até 25% (30/24 cm) da altura de inserção da primeira vagem com incremento do nível de infestação nas parcelas.

Em contraste com as duas características morfológicas acima, elevadas densidade e massa seca de infestantes reduziram o número de ramificações planta<sup>-1</sup> (Figuras 4.4-4.5c, respectivamente). A condição de menor infestação propiciou 70% (1,0/1,7) a mais de ramificação planta<sup>-1</sup> quando comparado com a maior infestação.

Os componentes do rendimento e o rendimento de grãos do feijoeiro também foram beneficiados quando a densidade e a massa seca de infestantes foram menores (Figuras 4.4-4.5d-h, respectivamente). Desse modo, densidade de plantas, número de vagens m<sup>-2</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos do feijoeiro tiveram valores superiores em condições de baixa infestação. Todas essas variáveis do feijoeiro colaboraram para um maior rendimento de grãos na situação de menor presença de plantas daninhas.

Com alta infestação de plantas daninhas, a densidade de plantas de feijão foi reduzida em 23% em comparação com baixo nível de infestantes (Figuras 4.4-4.5d). Com efeito, a densidade de feijão (268 mil plantas ha<sup>-1</sup>) obtida na menor densidade de gramíneas foi reduzida para 204 mil plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 4.4d). Com a menor massa seca de gramíneas a densidade foi de 264 mil plantas de feijão ha<sup>-1</sup>, diminuindo para 202 mil plantas ha<sup>-1</sup> na condição de maior massa seca de infestantes (Figura 4.5d).

O número de vagens m<sup>-2</sup> foi linear e negativamente afetado pela densidade e pela massa seca das plantas daninhas (Figuras 4.4-4.5e, respectivamente). Na situação com menor densidade de gramíneas, as plantas de feijão produziram 310 vagens m<sup>-2</sup>. Com elevado número de infestantes m<sup>-2</sup>, esse valor chegou a 142 vagens m<sup>-2</sup> (Figura 4.4e). Elevada massa seca de gramíneas reduziu em 123% (135/301 vagens m<sup>-2</sup>) o número de vagens m<sup>-2</sup> em relação à menor massa seca de plantas daninhas (Figura 4.5e).

Valores mínimos de densidade e de massa seca de infestantes incrementaram também o número de grãos vagem<sup>-1</sup> (Figuras 4.4-4.5f, respectivamente). O número de grãos vagem<sup>-1</sup>, a partir da maior infestação até a

menor infestação, teve acréscimo linear de 22% (Figuras 4.4-4.5f).

A massa de 100 grãos foi outro componente favorecido por condição de menor infestação de plantas daninhas. A massa de 100 grãos partiu de 17,8 g em ambas as condições de alta densidade e elevada massa seca de gramíneas. Esse valor chegou a 19,1 g (aumento de 7%) com baixo número de gramíneas  $m^{-2}$  (Figura 4.4g) e a 19 g (aumento de 6%) com menor massa seca de infestantes (Figura 4.5g).

Ocorrência de baixa infestação de plantas daninhas nas parcelas propiciou um ganho expressivo no rendimento de grãos (Figuras 4.4-4.5h). Comparado com a maior infestação, situações de baixa presença de infestantes favoreceram em 40% o rendimento de grãos da cultura. De fato, na maior densidade de gramíneas, o rendimento de grãos de feijão foi de  $1503 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo ampliado para  $2479 \text{ kg ha}^{-1}$  com menor densidade de infestantes (Figura 4.4h). Similarmente, enquanto o rendimento de grãos foi de  $2429 \text{ kg ha}^{-1}$  na menor massa seca de infestantes, com o valor máximo dessa variável na área houve queda no rendimento de grãos para  $1457 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 4.5h).

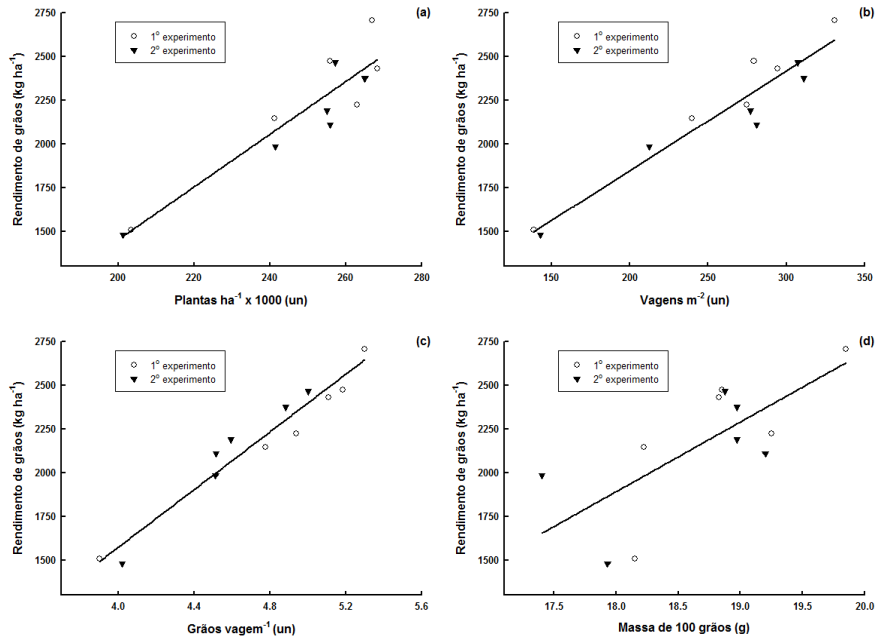
Todos os componentes do rendimento apresentaram correlação altamente significativa ( $P \leq 0,01$ ) com o rendimento de grãos (Tabela 4.5). Essa variável correlacionou-se positivamente com todos os componentes do rendimento. Assim, acréscimos na densidade, no número de vagens  $m^{-2}$ , no número de grãos  $vagem^{-1}$  ou na massa de 100 grãos das plantas de feijão proporcionaram incremento no rendimento de grãos da cultura (Figura 4.6a-d, respectivamente).

**Tabela 4.5** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre componentes do rendimento com rendimento de grãos de plantas de feijão tratadas com doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen, na média de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

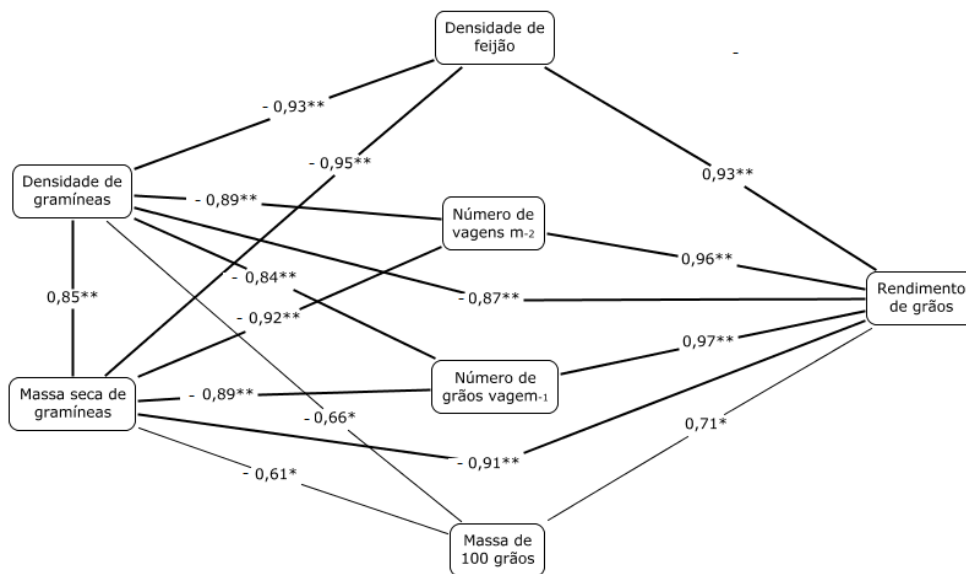
Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P
Rendimento de grãos	Densidade de plantas	$y = -1566,93 + 15,10x$	0,86	<0,01
Rendimento de grãos	Nº de vagens $m^{-2}$	$y = 705,03 + 5,71x$	0,92	<0,01
Rendimento de grãos	Nº de grãos $vagem^{-1}$	$y = -1730,72 + 825,98x$	0,94	<0,01
Rendimento de grãos	Massa de 100 grãos	$y = -5289,16 + 398,95x$	0,51	0,01

O mapa conceitual mostra que as correlações entre as variáveis de infestação e as variáveis da cultura apresentam, em geral, elevada significância (Figura 4.7). Tanto a densidade como a massa seca das plantas daninhas presentes

no experimento exerceram efeito sobre o rendimento de grãos. Além disso, essas variáveis de infestação influenciaram os componentes do rendimento, que, por sua vez, também afetaram a produtividade da cultura.



**Figura 4.6** - Correlações entre rendimento de grãos com densidade (a), número de vagens m<sup>-2</sup> (b), número de grãos vagem<sup>-1</sup> (c) e massa de 100 grãos (d) de plantas de feijão, na média de dois experimentos. Equações na Tabela 4.5. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.



**Figura 4.7** - Mapa conceitual com os coeficientes das correlações entre variáveis das infestantes com variáveis do feijoeiro. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. Linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância, conforme: \*(P<0,05) e \*\*(P<0,01).



#### 4.4 DISCUSSÃO

Uma das hipóteses desse capítulo é de que a aplicação de fluazifop-p-butyl + fomesafen em doses mais elevadas reduz a infestação de plantas daninhas e, assim, favorece as características morfológicas, os componentes do rendimento e, conseqüentemente, o rendimento de grãos das plantas de feijão. De fato, todas as variáveis dependentes avaliadas no feijoeiro sofreram influência dos tratamentos com o herbicida (Tabela 4.2 e Figuras 4.1-4.2). Do mesmo modo, todas essas variáveis correlacionaram-se significativamente ( $P < 0,05$ ) com controle visual, densidade e massa seca das gramíneas (Tabela 4.4 e Figuras 4.3-4.5).

Trabalhos na literatura apoiam a hipótese proposta acima (FONTES et al., 2001; WILSON, 2005; KALSING, 2011). Por exemplo, fluazifop-p-butyl influenciou estande final, massa de mil grãos, índice de colheita e produtividade de plantas de feijão mungo verde (*Vigna radiata* L. Wilczek) (FONTES et al., 2001). Utilização de herbicidas residuais para o controle de *U. plantaginea*, na maioria dos casos, melhorou os componentes do rendimento (número de legumes  $m^{-2}$ , número de grãos legume $^{-1}$  e massa do grão) e o rendimento de grãos de dois cultivares de feijão comum (*P. vulgaris*), em comparação com a testemunha infestada (KALSING, 2011).

Reduzidas densidades de plantas daninhas, pelo efeito dos herbicidas, favorecem a morfologia e a produção de plantas de feijão, uma vez que as infestantes competem com a cultura pelos recursos disponíveis no meio. A falta de controle das plantas infestantes prejudica o correto desenvolvimento da cultura, a qual pode apresentar prejuízos no desenvolvimento de órgãos vegetativos e reprodutivos, culminando com perdas na produtividade. Conforme a dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen utilizada no experimento, houve modificação da morfologia e dos componentes reprodutivos das plantas de feijão (Figuras 4.1-4.2), decorrente das diferenças no controle visual (Figura 4.3), na densidade (Figura 4.4) e na massa seca (Figura 4.5) das infestantes que o herbicida proporcionou, conforme as doses utilizadas.

Variáveis morfológicas e componentes do rendimento do feijoeiro foram mensuradas a partir de uma amostra representativa de plantas de cada unidade experimental no momento da colheita. Desse modo, os dados das variáveis analisadas são oriundos de plantas que chegaram até o final do seu ciclo. Isso quer

dizer que em tratamentos nos quais houve elevada ocorrência de plantas daninhas, algumas plantas podem ter apresentado prejuízos ainda maiores pelo fato de terem sofrido maior competição com as infestantes. De fato, muitas plantas de feijão nas parcelas com maior nível de infestação foram suprimidas e tiveram seu desenvolvimento bastante prejudicado.

Outra hipótese desse capítulo foi que com o aumento da densidade das plantas daninhas na área, ocorresse o efeito do inicialismo. De fato, níveis de controle visual das infestantes apresentaram relação inversa com a densidade (Figura 3.1b) e também com a massa seca das gramíneas (Figura 3.1a). Nas condições de elevada densidade (também elevada massa seca e baixo controle visual) das plantas daninhas, as plantas de feijão apresentaram maior estatura final (Figuras 4.1a e 4.3-4.5a). Provavelmente isso tenha ocorrido pela menor proporção de luz V:Ve na área com maior infestação (VIDAL e MEROTTO JR., 2010).

Efeito do inicialismo aumentando a estatura das plantas do feijoeiro também foi verificado em outro trabalho (CIESLIK; TREZZI; VIDAL, 2010). Plantas de feijão em elevada densidade, em duas datas de avaliação (7 e 14 DAT), apresentaram alongamento do caule, resultando em maior estatura, quando comparado aos tratamentos com reduzida densidade de plantas (CIESLIK; TREZZI; VIDAL, 2010).

Outros trabalhos da literatura indicam que o inicialismo, além do aumento da estatura, provoca elevação da proporção parte aérea/raízes das plantas submetidas à competição (VIDAL et al., 2008; CIESLIK; TREZZI; VIDAL, 2010; VIDAL e MEROTTO JR., 2010). Presença de plantas vizinhas, através da modificação da luz V:Ve, modifica a distribuição de fotoassimilados na planta, havendo favorecimento da parte aérea em detrimento das raízes (VIDAL e MEROTTO JR., 2010). De fato, foi observado aumento da razão massa seca da parte aérea/massa seca das raízes em feijão (CIESLIK; TREZZI; VIDAL, 2010) e em soja (VIDAL et al., 2008). Por exemplo, com aumento da densidade das plantas houve incremento de 25% na relação massa seca parte aérea:massa seca raízes do feijoeiro aos 14 DAT (CIESLIK; TREZZI; VIDAL, 2010). Da mesma forma, o convívio de plantas de soja com plantas daninhas reduziu 43% a relação V:Ve. Nessa condição, a relação parte aérea/raízes da soja sofreu acréscimo de 28% em relação ao tratamento livre de infestantes (VIDAL et al., 2008). No presente experimento, apesar do indício de ocorrência de inicialismo em função da modificação da estatura

das plantas de feijão, a massa seca (da parte aérea e das raízes) do feijoeiro não foi determinada. Tal determinação poderia ter confirmado a ocorrência do inicialismo em plantas de feijão que conviveram com elevado nível de infestação com plantas daninhas.

Nesse experimento, também verificou-se maior altura de inserção da primeira vagem com o caule das plantas de feijão mantidas em maior nível de infestação. Essa variável sofreu incremento nos tratamentos com doses reduzidas do herbicida (Figura 4.1b) e, conseqüentemente, menor controle visual (Figura 4.3b) e maiores densidade (Figura 4.4b) e massa seca (Figura 4.5b) das infestantes. Em teoria, quando plantas são submetidas ao fenômeno do inicialismo, elas reduzem a emissão de ramificações (VIDAL e MEROTTO JR., 2010). De fato, a condição de elevada densidade de gramíneas teve 70% a menos de ramificações planta<sup>-1</sup> em comparação as plantas de feijão da área com menor densidade de infestantes (Figura 4.4c).

Em síntese, os dados desse experimento fornecem evidências que confirmam que a ocorrência de plantas daninhas em convívio com a cultura do feijão provoca o efeito denominado inicialismo. Assim, as plantas de feijão modificam sua forma, havendo mudanças na estatura final, na altura de inserção da primeira vagem com o caule e no número de ramificações planta<sup>-1</sup>. Tais transformações seriam benéficas num primeiro momento pelo fato de aumentar a capacidade competitiva da cultura por luz. Porém, na ocorrência de limitações de água e nutrientes, por exemplo, um sistema radicular menos desenvolvido, prejudicaria a produtividade das plantas cultivadas, em comparação àquelas livres de competição.

Finalmente, outra hipótese desse capítulo era de que as variáveis avaliadas, tanto das infestantes quanto as da cultura, poderiam ser organizadas num mapa conceitual e que haveria efeito das condições ambientais durante a aplicação do herbicida como fator explicativo da produtividade do feijoeiro. Essa hipótese não se confirmou, pois não foi constatada interação entre experimentos e tratamentos para nenhuma das variáveis avaliadas.

Vale ressaltar, todavia, que foi possível organizar as variáveis de acordo com um mapa conceitual lógico (Figura 4.7). Embora esse mapa conceitual não indique relações de causa e efeito, pode-se perceber que apresentam uma organização lógica das variáveis avaliadas. De fato, o controle das infestantes é evidenciado pela densidade e pela massa seca (entre outras características). Essas

variáveis, por sua vez, possuem impacto nos componentes do rendimento, os quais determinam a produtividade da cultura.

Outros autores (COIMBRA; GUIDOLIN; CARVALHO, 1999; SHIMADA; ARF; SÁ, 2000; CARVALHO et al., 2002; FURTADO et al., 2002) também encontraram relacionamento entre componentes do rendimento com rendimento de grãos, mas somente num caso (KALSING, 2011) foi estabelecido um mapa conceitual incluindo variáveis de infestação com plantas daninhas. Densidade e massa seca de *U. plantaginea* influenciaram diretamente o rendimento de grãos do feijoeiro e indiretamente também via componentes do rendimento da cultura (KALSING, 2011). Nesse trabalho, verificou-se que o número de legumes  $m^{-2}$  e o número de grãos legume $^{-1}$  foram as variáveis principais na expressão do rendimento de grãos, havendo menor correlação com a massa do grão.

No presente trabalho, número de vagens  $m^{-2}$  e número de grãos vagem $^{-1}$  também correlacionaram-se fortemente com o rendimento de grãos (Tabela 4.5 e Figura 4.6b-c). Apesar da menor correlação do rendimento de grãos com a massa de 100 grãos, essa ainda foi significativa (Tabela 4.5 e Figura 4.6d). Sendo assim, é possível concluir que todos os componentes do rendimento (três citados acima, mais a densidade de plantas de feijão) foram influenciados pela densidade e pela massa seca das plantas daninhas. Esses, por sua vez, tiveram efeito direto sobre o rendimento de grãos e juntas, todas essas variáveis, foram responsáveis pela sua definição (Figura 4.7).

## 4.5 CONCLUSÕES

Fluazifop-p-butyl + fomesafen, nas diferentes doses testadas nesses dois experimentos, afeta a infestação de plantas daninhas e, conseqüentemente, modifica as características morfológicas, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos das plantas de feijão.

O inicialismo foi dependente do nível de infestação com plantas daninhas. Plantas de feijão submetidas à elevada convivência com as infestantes sofreram aumento da estatura final e da altura de inserção da primeira vagem com o caule e redução do número de ramificações planta $^{-1}$ .

Todos os componentes do rendimento influenciaram o rendimento de grãos do feijoeiro. Esse foi modelado a partir do nível de infestação (em função do controle exercido pelo herbicida), que também afetou os componentes do rendimento.

## 5 OTIMIZAÇÃO DA RENDA LÍQUIDA DO FEIJOEIRO ATRAVÉS DE DOSES DE FLUAZIFOP-P-BUTYL + FOMESAFEN APLICADAS NO CONTROLE DE INFESTANTES

### 5.1 INTRODUÇÃO

Plantas daninhas afetam negativamente a cultura do feijão e, como visto no capítulo anterior, o principal prejuízo dessa interferência é a redução no rendimento de grãos das plantas cultivadas (KOZLOWSKI et al., 2002; WILSON, 2005; VIDAL et al., 2010c; PARREIRA; ALVES; PEÑAHERRERA-COLINA, 2011; SCHOLTEN; PARREIRA; ALVES, 2011). Herbicidas tendem a diminuir tal competição entre infestantes e culturas. Desse modo, a produtividade pode ser aumentada, incrementando também a renda líquida da produção. Diversos trabalhos na literatura descrevem aumento do lucro das culturas através da utilização de herbicidas para o controle das infestantes presentes no experimento (VITTA; FACCINI; NISENSOHN, 2000; RIZZARDI e FLECK, 2004; VIDAL e KALSING, 2009; TREZZI et al., 2010; KALSING, 2011; KHALIQ et al., 2011).

A utilização de herbicidas para o controle das plantas daninhas eleva o custo de produção. Em média, 20 a 30% do total desse custo está relacionado ao controle das plantas infestantes (SILVA et al., 2000). De fato, grande parte do custo variável é constituído pelo herbicida. Sendo assim, a redução da dose de aplicação do produto reduz os custos de produção e pode ser economicamente interessante desde que mantenha um nível aceitável de controle das infestantes (DEFELICE et al., 1989; DEVLIN; LONG; MADDUX, 1991).

Doses recomendadas para cada herbicida são estabelecidas para utilização em uma ampla gama de condições ambientais e de manejos adotados (DEVLIN; LONG; MADDUX, 1991). De acordo com as características particulares do ambiente ou do manejo utilizado, as doses dos herbicidas podem ser reduzidas sem que a eficiência no controle das plantas daninhas seja prejudicada, ou seja, as plantas daninhas ainda são suprimidas (RIZZARDI e FLECK, 2004).

A dose ótima de um herbicida poderia possibilitar o uso de doses reduzidas. Ela depende de uma série de fatores, tais como: época de emergência

das plantas daninhas (DIELEMAN et al., 1996; BOSNIC e SWANTON, 1997; RIZZARDI e FLECK, 2004; JEKELAITIS et al., 2006), estágio de desenvolvimento das infestantes no momento da aplicação (DEVLIN; LONG; MADDUX, 1991; KLINGAMAN; KING; OLIVER, 1992; BERTI et al., 1996; JORDAN et al., 1997; BARROS; BASCH; CARVALHO, 2007) e condições ambientais ou de manejo (DEVLIN; LONG; MADDUX, 1991; KLINGAMAN et al., 1992; BOSTROM e FOGELFORS, 2002).

Frequentemente, na comparação entre doses recomendadas e doses economicamente ótimas, as últimas são inferiores àquelas rotuladas (DIELEMAN et al., 1996; BOSNIC e SWANTON, 1997), maximizando o lucro da atividade. Por exemplo, dose econômica ótima para controle de uma população mista de *Sida rhombifolia* L. e *Bidens* spp. situou-se próximo a 75% da dose recomendada, sendo uma quarta parte inferior à dose que propiciou os maiores rendimentos de grãos (RIZZARDI e FLECK, 2004). Tais resultados demonstram que os acréscimos no controle das plantas daninhas e no rendimento de grãos obtidos com as doses superiores não foram suficientes para compensar o maior custo do controle.

Recentemente o paradoxo da dose foi proposto como uma hipótese que indica que a dose necessária para otimizar o controle das plantas daninhas é superior à aquela dose necessária para otimizar o lucro na produção (VIDAL e KALSING, 2009). Dose recomendada em determinada situação garante a eficiência no controle das plantas daninhas, mas esta pode não ser a dose que oferece o maior lucro à produção. Com efeito, demonstrou-se que a dose do herbicida necessária para otimizar o controle das infestantes foi superior à dose necessária para maximizar o lucro do produtor (paradoxo da dose) em trabalhos com a cultura do trigo (VIDAL e KALSING, 2009) e do feijão (LAMEGO et al., 2010; TREZZI et al., 2010; KALSING, 2011).

Esse capítulo teve como objetivo avaliar o impacto de doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen no custo de produção e na renda líquida do feijoeiro, bem como identificar doses que conferem maximização do controle das infestantes e do lucro da produção e se essas são influenciadas pelas condições ambientais no momento da aplicação.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo com as mesmas condições de local, implantação, delineamento experimental, tratamentos e tratos culturais descritos no Capítulo 4. Adicionalmente, nesse capítulo foi realizada uma análise econômica dos experimentos. Foram determinados o custo de produção e a renda bruta obtidos em cada um dos tratamentos, originando a margem líquida alcançada com a utilização das doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen no controle de infestantes na cultura do feijoeiro.

Na descrição dos custos de produção foram consideradas as operações com máquinas (preparo da área, semeadura, aplicação dos tratamentos fitossanitários e colheita), mão de obra para a realização de todas as atividades descritas acima, insumos diversos e despesas administrativas. Tais custos foram baseados em planilhas de custos de produção para a cultura do feijão (CONAB, 2012a,b; SEAB, 2012b). Para maior detalhamento, os custos dos insumos utilizados nos experimentos também foram obtidos através de pesquisa em revendas da região, obedecendo aos preços dos produtos no dia de utilização dos insumos.

Em cada tratamento, exceto a testemunha, que não recebeu a aplicação de herbicida, foi adicionado ao custo de produção total o custo de aplicação do herbicida e mais o valor respectivo da dose do herbicida utilizada em cada tratamento. Desse modo, o custo total de produção de cada tratamento foi estabelecido considerando todos os insumos e demais custos efetivamente utilizados em cada tratamento.

Através da produção de grãos por área de cada tratamento foi calculada a renda bruta obtida com a venda do produto. Foi considerado o preço do kg do grão de feijão no dia da colheita, com base na cotação diária da cultura para a região de realização do experimento (SEAB, 2012c). Com posse da renda bruta de cada tratamento, o custo de produção foi descontado dessa, obtendo a margem líquida dos tratamentos testemunha não tratada e dos demais com as doses do herbicida.

Os dados oriundos da análise econômica do feijoeiro foram submetidos à análise de variância. Foi realizada uma análise conjunta dos dois experimentos, a fim de verificar a ocorrência de interação entre experimentos e doses do herbicida.



Na ausência de interação, curvas de dose-resposta foram ajustadas com a média da renda líquida dos dois experimentos, utilizando o programa computacional SigmaPlot 11.0. Para comparação dos tratamentos foi assumido um nível de 5% de probabilidade do erro experimental.

### 5.3 RESULTADOS

Os custos de produção da cultura do feijão dos dois experimentos envolveram operações com máquinas, mão de obra na realização das diversas atividades, insumos utilizados e outros custos administrativos (Tabela 5.1). A maior fatia do total dos custos foi representada pelos insumos. O valor total do custo de produção foi de R\$1448,49 ha<sup>-1</sup> (Tabela 5.1) e não considera os gastos com a aplicação do tratamento herbicida. Portanto, esse valor refere-se aos gastos do tratamento testemunha que não recebeu a aspersão do herbicida.

O custo de produção foi o mesmo para os dois experimentos, em virtude de terem sido utilizados exatamente os mesmos e todos os fatores descritos na Tabela 5.1. Para cada dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen (Robust, Syngenta) foi adicionado ao custo total de produção, o custo da aplicação do herbicida e o valor respectivo de cada dose do produto (Tabela 5.2). Desse modo, o custo de produção aumentou linearmente com incremento da dose do herbicida (Figura 5.1). O custo de produção da maior dose do herbicida testada no experimento (produto comercial a 1 L ha<sup>-1</sup>) sofreu acréscimo de 9,5% em relação ao custo do tratamento testemunha.

A análise de variância dos resultados de renda líquida não indicou interação entre experimentos e tratamentos (doses do herbicida). Dessa forma, plotaram-se os dados de renda líquida de cada tratamento dos dois experimentos, mas ajustou-se apenas uma equação para a média desses resultados (Figura 5.2).

A renda líquida apresentou ajuste quadrático em relação ao aumento da dose do herbicida (Tabela 5.3 e Figura 5.2). Para cada hectare, a renda líquida no tratamento sem aplicação de herbicida foi apenas R\$1,32. Contudo, a margem líquida saltou para R\$850,23 ha<sup>-1</sup> quando foi utilizado aproximadamente 70% da dose recomendada de fluazifop-p-butyl + fomesafen. Essa representou a dose econômica ótima, ou seja, aquela que proporcionou maior lucro à cultura do feijão. A

partir dessa dose ótima até a maior dose testada houve redução de 20% na renda líquida.

**Tabela 5.1** - Descrição dos custos de produção de experimentos com a cultura do feijão, sem considerar os custos do herbicida de pós-emergência nem da sua aplicação no controle de gramíneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Descrição dos custos <sup>a</sup>	Quantidade	Unidade	Valor	
			Unitário	Total
----- Operações com máquinas -----				
Gradagem da área	1,00	h/m	39,10	39,10
Manejo da cobertura de inverno	0,50	h/m	39,10	19,55
Semeadura	0,80	h/m	39,10	31,28
Aplicação de inseticida	0,40	h/m	39,10	15,64
Aplicação de fungicida	0,80	h/m	39,10	31,28
Colheita	1,00	h/m	39,10	39,10
Transporte dos grãos	0,50	h/m	39,10	19,55
SUBTOTAL				179,75
----- Mão de obra -----				
Auxílio nas operações com máquinas	1,20	d/h	5,10	6,12
SUBTOTAL				6,12
----- Insumos <sup>b</sup> -----				
Roundup (Glyphosate)	2,00	L	5,50	11,00
Standak (Fipronil)	0,20	L	350,00	70,00
Derosal plus (Thiram + Carbendazin)	0,30	L	31,14	9,34
Semente certificada (IPR Tiziu)	60,00	kg	3,80	228,00
Adubo (08-20-20)	0,37	t	991,00	367,66
Klap (Fipronil)	0,15	L	450,00	67,50
Connect (Beta-ciflutrina + Imidacloprid)	0,75	L	32,00	24,00
Comet (Piraclostrobina)	0,30	L	123,28	36,98
Mertin (Hidróxido de fentina)	0,50	L	85,00	42,50
Energic (Nonil-fenoxi-etil)	0,40	L	6,00	2,40
SUBTOTAL				859,38
----- Outros -----				
Despesas administrativas	1,00	ha	64,13	64,13
Encargos sociais	1,00	ha	25,49	25,49
Assistência técnica	1,00	ha	25,65	25,65
Depreciação de máquinas	1,00	ha	77,75	77,75
Depreciação de implementos	1,00	ha	194,58	194,58
SUBTOTAL				387,60
Total dos custos <sup>c</sup>				1448,49

<sup>a</sup> Custos de operações com máquinas, mão de obra e outros retirados de planilhas de custo de produção da CONAB e da SEAB para a cultura do feijão.

<sup>b</sup> Preços obtidos na série histórica da CONAB e em revendas da região no momento da aplicação.

<sup>c</sup> Desconsideram-se os custos da aplicação do herbicida. Para cada tratamento (dose) foi adicionado no seu custo total, o custo de aplicação [R\$ 16,66= 15,64 (aplicação do herbicida) + 1,02 (auxiliar de aplicação)] e o custo do herbicida respectivo de cada dose.

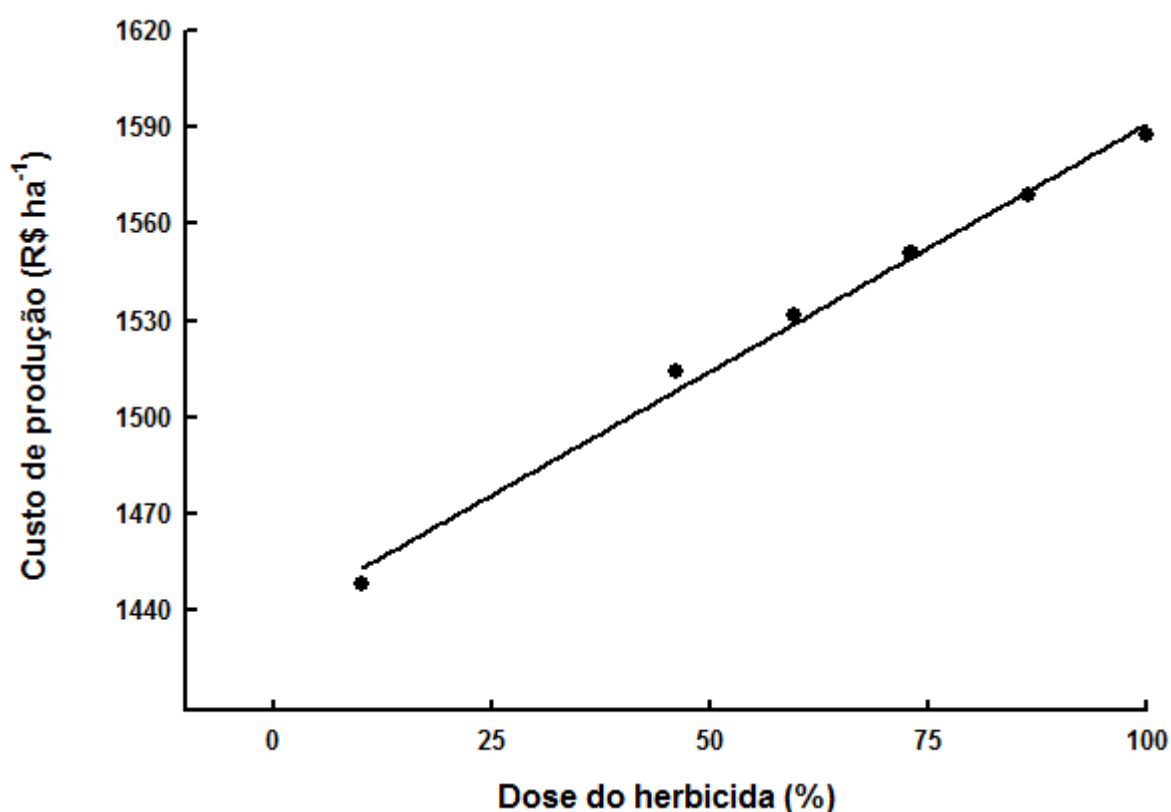
**Tabela 5.2** - Descrição dos custos adicionais dos tratamentos que receberam a aplicação de fluazifop-p-butyl + fomesafen no controle de infestantes na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Custos \ Doses (% <sup>a</sup> )	40	55	70	85	100
<b>Herbicida<sup>b</sup></b>					
Quantidade (L)	0,40	0,55	0,70	0,85	1,00
Valor unitário (R\$)	122,36	122,36	122,36	122,36	122,36
Valor total (R\$)	48,94	67,30	85,65	104,00	122,36
<b>Outros<sup>c</sup></b>					
Aplicação do herbicida (R\$)	15,64	15,64	15,64	15,64	15,64
Mão-de-obra (R\$)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>65,60</b>	<b>83,96</b>	<b>102,31</b>	<b>120,66</b>	<b>139,02</b>

<sup>a</sup> Doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen ( $200 + 250 \text{ g L}^{-1}$ ), expressas em valores percentuais da dose registrada ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ).

<sup>b</sup> Preços obtidos na série histórica da CONAB e em revendas da região no momento da aplicação.

<sup>c</sup> Custos de operações com máquinas, mão de obra e outros retirados do custo de produção da CONAB para a cultura do feijão.



**Figura 5.1** - Custos de produção dos tratamentos com doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen ( $200 + 250 \text{ g L}^{-1}$ ), expressas em valores percentuais da dose registrada ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ), aplicadas no controle de infestantes na cultura do feijão. Equação na Tabela 5.3. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

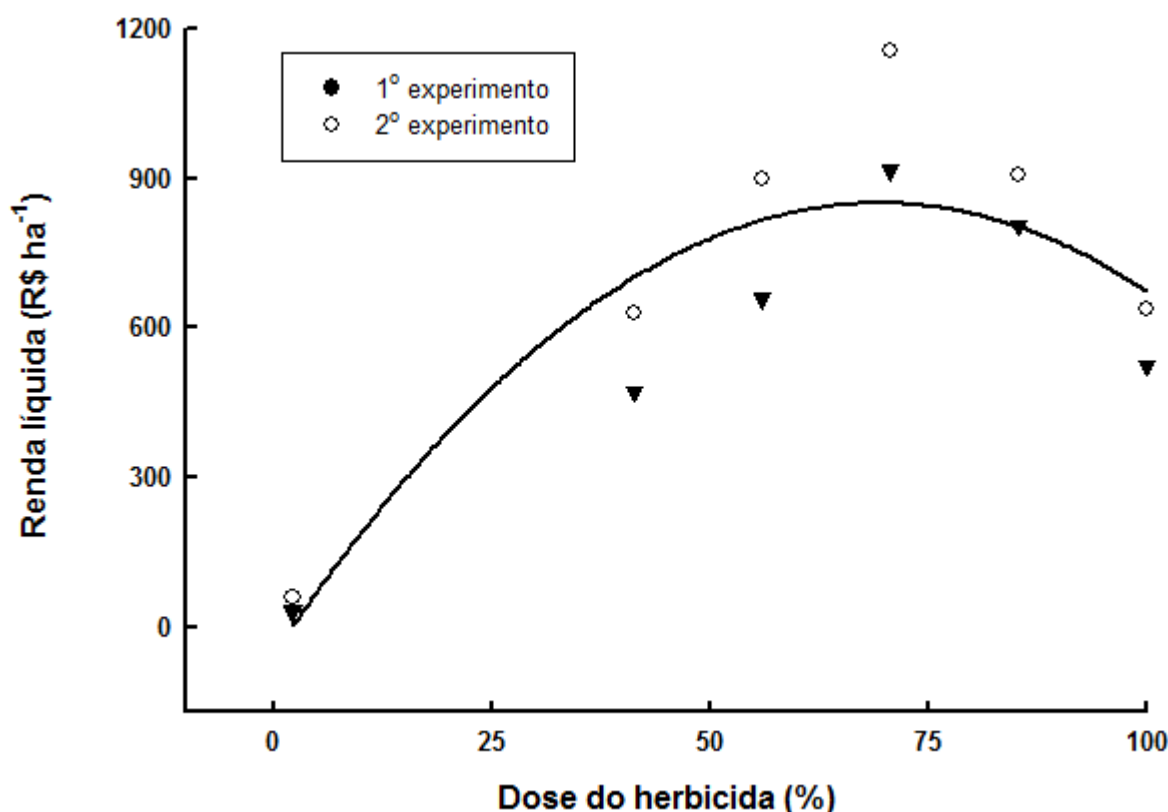
**Tabela 5.3** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem os custos de produção e a renda líquida dos tratamentos com doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen aplicadas para o controle de infestantes na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Variável	Parâmetro da equação <sup>a,b</sup>			R <sup>2</sup>	P
	a (ep <sup>c</sup> )	b (ep)	c (ep)		
Custo de produção	1453,22 (3,67)	1,38 (0,06)	-	0,99	<0,01
Renda líquida	1,32 (110,38)	24,72 (4,56)	-0,05 (0,01)	0,82	<0,01

<sup>a</sup> Linear:  $y=a+bx$ ; onde  $y$  é a variável dependente e  $x$  é a dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen.

<sup>b</sup> Quadrática:  $y=a+bx+cx^2$ ; onde  $y$  é a variável dependente e  $x$  é a dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen.

<sup>c</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.



**Figura 5.2** - Renda líquida obtida com os tratamentos com doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen (200 + 250 g L<sup>-1</sup>), expressas em valores percentuais da dose registrada (1 L ha<sup>-1</sup>), aplicadas no controle de infestantes na cultura do feijão. Equação na Tabela 5.3. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

As doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen necessárias para maximizar a eficácia do herbicida sobre as plantas daninhas e a margem líquida da cultura do feijoeiro diferiram entre si conforme o experimento (Tabela 5.4). Em nenhum dos experimentos foi alcançado controle total das infestantes com as doses do produto

que foram usadas. A menor  $D_{80m}$  do primeiro experimento evidencia a maior eficácia do herbicida nessa condição. Nesse caso, não houve diferença entre a máxima eficiência técnica (69% da rotulada) e a máxima eficiência econômica (69% da recomendada). Já no segundo experimento houve menor eficácia do herbicida e a dose para otimização do lucro (69% da recomendada) foi 31% menor em relação à  $D_{80m}$ .

**Tabela 5.4** - Doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen (200 + 250 g L<sup>-1</sup>), expressas em valores percentuais da dose registrada (1 L ha<sup>-1</sup>), necessárias para otimizar a redução da massa seca das gramíneas ( $D_{80m}$ ) e o lucro da cultura do feijão, com a diferença percentual entre ambas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

	$D_{80m}$ <sup>a</sup> (ic) <sup>b</sup>	Máxima eficiência econômica (ic)	Diferença percentual
Experimento 1	69 (5)	69 (6)	0%
Experimento 2	100 (5)	69 (6)	31%

<sup>a</sup> Dose que provoca 80% de redução da massa seca das gramíneas.

<sup>b</sup> Intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ) da média.

## 5.4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese proposta para esse capítulo da dissertação foi que é possível otimizar a dose do herbicida para maximizar a renda líquida obtida através da produção de grãos do feijoeiro. De fato, nos dois experimentos conduzidos, as doses de fluazifop-p-butyl + fomesafen influenciaram o controle das plantas daninhas (Figuras 2.1-2.3b,d). Apesar de não ter influenciado no controle das infestantes presentes nos dois experimentos (pelo fato da ocorrência de somente gramíneas nas parcelas), fomesafen foi aplicado juntamente com fluazifop-p-butyl na mistura comercial do herbicida e provocou intoxicação à cultura em determinadas situações (será discutido no Capítulo 8). Com isso, as doses do herbicida provocaram efeito no rendimento de grãos (Figura 4.2e). A média dos dois experimentos apontou a dose de 71% da recomendada como aquela responsável pela maior produtividade do feijoeiro. A renda líquida teve comportamento similar ao observado na produtividade, sendo otimizada com 69% da rotulada (Figura 5.2).

Outro trabalho na literatura teve o rendimento de grãos e a margem líquida da cultura do feijão otimizado pelo uso de doses do herbicida (KALSING,

2011). Aumento da dose dos herbicidas pós-emergentes clethodim, sethoxydim e fluazifop-p-butyl, utilizados para o controle de *U. plantaginea*, incrementou o rendimento de grãos (KALSING, 2011). Os três produtos otimizaram a margem líquida da cultura com doses abaixo da máxima recomendada para o feijoeiro.

O rendimento de grãos e, conseqüentemente, a margem líquida da cultura do feijão pode ser influenciado diretamente e indiretamente pela dose do herbicida utilizado. A influência direta diz respeito a ação do próprio herbicida sobre a cultura, a qual pode sofrer intoxicação com o produto (discussão será tratada no Capítulo 8). Indiretamente, o herbicida atua no controle das plantas daninhas, reduzindo o efeito negativo que estas proporcionam à produtividade do feijoeiro. Desse modo, torna-se possível a otimização da produção do feijoeiro através do uso de herbicidas para o controle das infestantes na cultura.

O fato de não ter ocorrido efeito do horário da aplicação sobre a dose que maximiza o lucro foi inesperado e surpreendente. Esperava-se que havendo diferenças no controle das plantas daninhas, como aconteceu entre os horários de aplicação do herbicida das 06:00h e das 16:00h (Tabelas 2.1-2.2 e Figuras 2.1b,d, 2.3b,d e 2.4), a dose econômica ótima iria se comportar de maneira diferenciada em função do horário de aspersão do herbicida, com tendência de ser maior na condição com maior infestação. Os autores ainda procuram explicação para esse fato. Uma possibilidade é a de que aspectos da biologia dos indivíduos envolvidos na interação (inicialismo, alelopatia e competição) sejam mais importantes do que os aspectos ambientais. De fato, esse experimento variou apenas as condições ambientais entre os experimentos. Mantiveram-se fixas o cultivar de feijão, o biótipo das infestantes e podendo-se, inclusive, assumir como inexistente diferenças de estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e do feijoeiro entre os dois experimentos.

Outra hipótese proposta para esse capítulo foi da existência do paradoxo da dose: dose que proporciona o máximo rendimento de grãos para a cultura é diferente daquela que produz o ótimo controle das plantas daninhas. Com efeito, quando o controle das gramíneas foi menor (experimento 2 em relação ao experimento 1), dose de fluazifop-p-butyl + fomesafen 31% menor do que aquela que confere a máxima eficiência técnica já proporcionou a máxima eficiência econômica ao feijoeiro (Tabela 5.4). Contudo, quando a eficácia do herbicida foi maior (experimento 1), as máximas eficiências técnica e econômica foram similares

(Tabela 5.4).

Outros estudos também encontraram a dose ótima econômica em valor abaixo daquela recomendada para a cultura do feijão ou menor que a dose de máximo controle das plantas infestantes (LAMEGO et al., 2010; TREZZI et al., 2010; KALSING, 2011). Por exemplo, houve redução linear da densidade de *Euphorbia heterophylla* L., *Ipomoea hederacea* L. Jacq. e *R. raphanistrum* com aumento da dose de bentazon + imazamox. Porém, o rendimento de grãos foi incrementado somente até 70% da dose de recomendação do produto, havendo redução da produtividade a partir de tal dose (TREZZI et al., 2010). Os herbicidas clethodim, fluazifop-p-butyl e sethoxydim necessitaram de 77, 81 e 98% da dose máxima recomendada para a cultura para otimizarem a margem líquida do feijoeiro (KALSING, 2011). Nesse caso, a produtividade de grãos da cultura com a utilização da dose registrada no rótulo dos produtos não conseguiu compensar o aumento do custo de controle.

No presente experimento, a diferença no custo de produção entre a menor e a maior dose testada foi de apenas R\$73,42 ha<sup>-1</sup>. Nesse caso, a maior renda bruta (devido ao maior rendimento de grãos) obtida pela dose econômica ótima foi mais importante na definição do maior lucro à produção com tal dose. Como não houve grandes diferenças no controle das infestantes entre as doses, especula-se que a fitotoxicidade de fomesafen possa ter influenciado a produção das plantas de feijão (discussão no Capítulo 8).

Os resultados desse trabalho indicam que a diferença entre a dose que otimiza a renda líquida e a que otimiza o controle das infestantes depende do horário da aplicação dos herbicidas. De fato, quando fluazifop-p-butyl + fomesafen foi aplicado em condições ambientais que aumentaram a eficácia do produto (menor D<sub>80m</sub>), a diferença entre as doses ótimas (de controle e da renda líquida) foi inexistente (Tabela 5.4). Isso sugere que a dose que consta no rótulo do produto atende a condição mais extrema de controle da infestante, mas possui pouco impacto na produtividade da cultura. Uma constatação alternativa é que em condições ambientais favoráveis, pode-se reduzir a dose aplicada, de forma a ainda obter adequado controle das plantas daninhas.

Realmente doses reduzidas podem proporcionar maximização do lucro da produção. No entanto, cuidado deve ser tomado quando a dose para otimizar o lucro indica doses subletais à infestante (VIDAL e KALSING, 2009). Com efeito,

quando as condições não são totalmente adequadas, utilização de doses reduzidas pode ser um problema pelo fato de não estar se atingindo a máxima eficiência técnica do controle. Com isso, a falta de controle das plantas daninhas, mesmo que não reduza a produtividade da cultura num primeiro momento, acarreta alguns prejuízos posteriores, incluindo os seguintes: dificuldade na colheita, maior produção de propágulos (aumento do banco de sementes e, conseqüentemente, da densidade populacional futura das infestantes) e aumento da seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (NEVE e POWLES, 2005a,b; BUSI e POWLES, 2009; MANALIL et al., 2011).

## 5.5 CONCLUSÕES

O custo de produção e a renda líquida da cultura do feijão dependem da dose do herbicida utilizada. Foi possível demonstrar que a dose do herbicida para maximizar a renda líquida pode ser menor do que a recomendada no rótulo do produto e a necessária para a máxima eficácia do produto. A diferença entre a dose do herbicida que otimiza o controle de infestantes e a que otimiza a renda líquida da cultura de feijão depende do horário da aplicação dos herbicidas (e das respectivas condições ambientais). O impacto do ambiente na diferença entre doses ótimas (controle x renda líquida) ocorre principalmente pelo efeito do controle das infestantes.



## 6 EFICIÊNCIA DE FOMESAFEN SOBRE O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DICOTILEDÔNEAS EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DO HERBICIDA

### 6.1 INTRODUÇÃO

Fomesafen é um latifolicida de contato do grupo dos difeniléteres empregado no manejo das plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do feijão. Esse produto inibe a enzima PROTOX e oxida as membranas das células foliares (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001). Para melhorar a eficácia no controle das infestantes, os herbicidas precisam ser utilizados em horário apropriado, de forma a otimizar as variáveis ambientais para sua melhor interceptação, absorção e translocação pelas plantas.

A translocação dos herbicidas é governada por duas características físicas e químicas:  $pK_a$  (constante de dissociação ácida) e  $K_{ow}$  (coeficiente de partição octanol-água) (VIDAL, 2002). Quando os herbicidas apresentam  $\log k_{ow} < 4$  e  $pK_a < 4$ , eles são móveis no floema e xilema, sendo denominados herbicidas sistêmicos. Fomesafen apresenta  $pK_a = 2,7$  e  $\log k_{ow} = 2,9$  (VIDAL, 2002) e, dessa forma, seria esperado que fosse um herbicida móvel no xilema e no floema. Todavia, na presença de luz, esse produto ocasiona a fotooxidação de protoporfirinogênio IX no citoplasma celular das folhas o que promove dessecação do tecido e impede a movimentação do produto na planta (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001).

Assim, elevada irradiância após a aplicação desse herbicida deve afetar sobremaneira a sua eficácia no controle de plantas daninhas. De fato, verifica-se que há impacto do horário do dia em que o herbicida é aplicado sobre o desempenho dos herbicidas inibidores da PROTOX (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998; RAMIRES et al., 1999; FAUSEY e RENNER, 2001).

O objetivo geral desse capítulo da dissertação foi identificar o horário do dia que proporciona a melhor eficácia ao herbicida fomesafen no controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do feijão.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido a campo na área experimental do curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco, PR, cujo local, clima e solo já foram descritos no Capítulo 2.

O experimento foi organizado no delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial ( $5 \times 5 + 8$ ), com 4 repetições. O primeiro fator foram 5 horários de aplicação (02:00h, 06:00h, 11:00h, 16:00h e 21:00h) do herbicida. O segundo fator foi composto pelas doses de fomesafen (30, 50, 70, 85 e 100% da recomendada no rótulo do produto comercial Flex, Syngenta). Foram acrescentadas 8 parcelas que não receberam aspersão do produto. No total foram 108 unidades experimentais, tendo cada uma a área de  $12 \text{ m}^2$  (6 m de comprimento x 2 m de largura).

O experimento foi conduzido entre 02 de março de 2011 e 17 de abril de 2011. Essa última corresponde à data na qual finalizaram-se as avaliações de controle das infestantes (21 DAT). A ocorrência de geadas no final do ciclo da cultura não permitiu a colheita do feijoeiro. A área na qual o experimento foi realizado encontrava-se anteriormente ocupada pela cultura da soja. Vinte dias antes da semeadura do feijoeiro foi realizada uma dessecação com o herbicida glyphosate ( $960 \text{ g ha}^{-1}$ ) para eliminação da vegetação presente na área. Foi utilizado o cultivar de feijão IPR 81, semeado mecanicamente no dia 02 de março de 2011 num espaçamento entre linhas de 0,45 m e com densidade de aproximadamente 266 mil sementes  $\text{ha}^{-1}$ . As sementes foram tratadas com os fungicidas thiram ( $105 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes) e carbendazim ( $45 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes) e o inseticida fipronil ( $50 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes). Como adubação de base, conforme a análise de solo e a necessidade da cultura, foram distribuídos  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 08-20-20 N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ .

O IPR 81 é um cultivar de alto potencial de rendimento do grupo carioca, de ampla adaptação, porte ereto e crescimento indeterminado. Apresenta guias curtas a médias, fato que possibilita a colheita mecânica direta. Essa é realizada, em média, 92 DAE. As sementes possuem tegumento bege claro com listras marrom claras (IAPAR, 2012a,c).

As aplicações dos tratamentos (75, 125, 175, 212,5 e  $250 \text{ g ha}^{-1}$  de

fomesafen) iniciaram-se às 16:00 horas do dia 26 de abril de 2011 e terminaram no dia seguinte às 11:00 horas. Essa época do ano, na região na qual o experimento foi conduzido, se caracteriza pela ocorrência de temperaturas do ar amenas durante o dia e baixas na madrugada e, geralmente, a umidade relativa do ar fica próxima aos 60% durante o dia, aumentando à noite. As aplicações foram realizadas com equipamento de pulverização costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com velocidade de deslocamento de 3,6 km h<sup>-1</sup> e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A barra, bicos e altura de pulverização são as mesmas descritas no Capítulo 2 dessa dissertação.

Aos 3, 7, 14 e 21 DAT avaliou-se o controle visual das infestantes de acordo com a escala visual de controle de herbicidas em plantas daninhas (CAMPER, 1986). Nas mesmas datas, em dois quadrados de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5 m) marcados aleatoriamente em cada unidade experimental, foi realizada uma contagem da densidade de plantas daninhas presentes. Na última data de avaliação (21 DAT), após a determinação da densidade das infestantes, a parte aérea dessas plantas foi coletada, seca em estufa a temperatura de 60 °C até obtenção de massa constante e pesada. Ambos os valores de densidade e de massa seca das plantas daninhas foram extrapolados para m<sup>-2</sup>. Os valores de densidade e de massa seca das infestantes m<sup>-2</sup> foram transformados para valores de redução (%) da densidade e da massa seca em relação à testemunha não tratada com o herbicida.

Os dados de controle visual e de redução da densidade e da massa seca das plantas daninhas foram submetidos à análise de variância, assumindo 25% de probabilidade de erro para a interação entre os fatores pelo teste F. Ocorrendo interação, curvas de dose resposta de fomesafen foram obtidas em cada horário de aplicação do herbicida, de acordo com a curva de maior ajuste, realizado através do programa computacional SigmaPlot 11.0. A comparação entre os horários de aplicação foi realizada analisando os parâmetros das equações obtidas em cada curva. A partir da equação ajustada para a densidade aos 21 DAT e para a massa seca das gramíneas, foi calculada a dose do herbicida necessária para se obter 80% de redução da densidade (D<sub>80d</sub>) e da massa seca (D<sub>80m</sub>) das infestantes. Utilizou-se intervalo de confiança a 5% de probabilidade de erro experimental para comparação dessas variáveis obtidas nos diferentes horários de aplicação de fomesafen.

### 6.3 RESULTADOS

As principais espécies infestantes dicotiledôneas presentes nesse experimento foram *R. raphanistrum*, *Ipomoea* spp. e *B. pilosa*. Na coleta das plantas daninhas para determinação da massa seca (21 DAT), nas parcelas testemunhas, essas três espécies representaram 61, 23 e 16%, da infestação total, respectivamente, de acordo com a densidade relativa dessas. Nessa data, a infestação era composta somente por espécies latifoliadas, uma vez que, as poucas gramíneas presentes na implantação ou as que surgiram durante a realização do experimento, foram eliminadas manualmente.

Através da análise visual da injúria de fomesafen nas infestantes em quatro datas (3, 7, 14 e 21 DAT) foi possível avaliar o avanço do efeito do herbicida sobre as plantas daninhas em cada horário de aplicação do produto. A análise de variância (dados não apresentados) mostrou a ocorrência de interação significativa entre os fatores estudados para todas as datas de avaliação do controle visual das infestantes.

O surgimento de sintomas nas plantas daninhas foi rápido quando fomesafen foi aspergido nos horários das 11:00h e das 16:00h (Figura 6.1c-d). Plantas que receberam aplicação de fomesafen nesses dois horários, analisadas aos 3 DAT, apresentaram maiores controles visuais (maiores valores da assíntota máxima) em comparação com os demais horários (Tabela 6.1). Quando aspergido às 02:00h, além do baixo valor de controle visual máximo, fomesafen ainda apresentou uma  $D_{A50c}$  superior em relação à  $D_{A50c}$  obtida com a aplicação do herbicida no horário das 16:00h (Tabela 6.1 e Figura 6.1).

Na avaliação realizada aos 7 DAT houve avanço nos níveis de controle visual das infestantes com fomesafen em relação à avaliação no período anterior (Tabela 6.1 e Figura 6.2). No entanto, tal progresso dos danos nas plantas daninhas não ocorreu em grande proporção. Assim como aos 3 DAT, aspersão do herbicida nos horários das 11:00h e das 16:00h continuou a resultar em maiores níveis máximos de controle visual das infestantes também aos 7 DAT. Tais horários de aspersão do produto, quando comparados com os outros três, tiveram valores superiores da assíntota máxima de controle (Tabela 6.1).

Aos 14 e 21 DAT, maior controle visual das infestantes por fomesafen

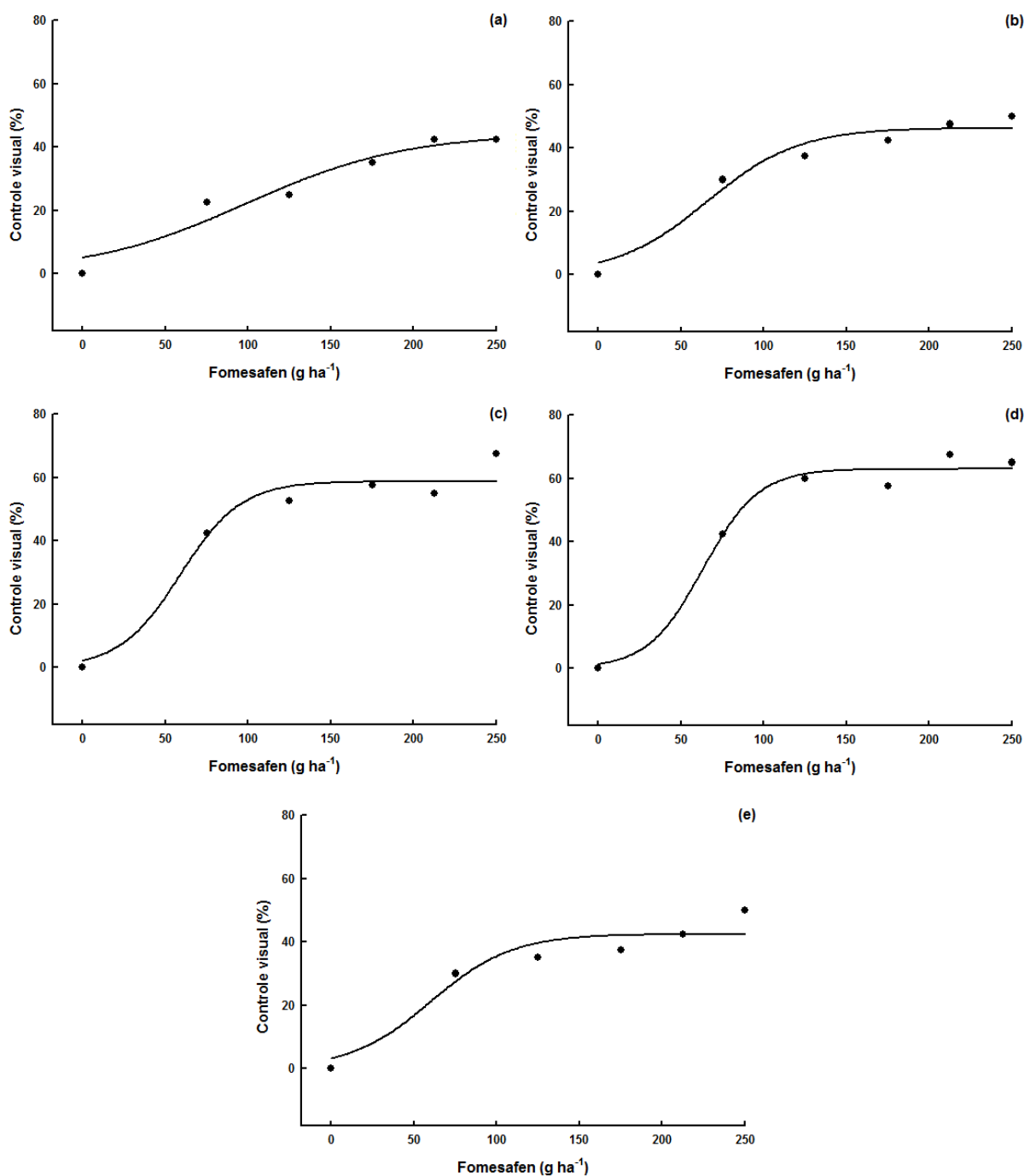
também foi obtido quando o herbicida foi aplicado às 11:00h e às 16:00h. Aplicação nesses dois horários proporcionou elevados valores de assíntota máxima de controle visual das plantas infestantes com 14 e 21 DAT, sendo esses superiores aos demais horários de aplicação (Tabela 6.1 e Figuras 6.3-6.4). Aos 21 DAT, quando o herbicida foi aspergido no horário das 02:00h foi observado maior valor da  $D_{A50c}$ , principalmente em comparação com a  $D_{A50c}$  obtida pelos horários das 11:00h e das 16:00h (Tabela 6.1).

**Tabela 6.1** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o controle visual de plantas daninhas dicotiledôneas com diversas doses de fomesafen, em função dos horários de aplicação, avaliado em quatro períodos após a aplicação. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>			R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	D <sub>A50c</sub> (ep)	b (ep)		
Controle visual de plantas infestantes dicotiledôneas – 3 DAT					
02:00 horas	44 (7)	98 (24)	48 (21)	0,94	0,01
06:00 horas	46 (3)	66 (11)	27 (11)	0,96	0,01
11:00 horas	59 (3)	59 (13)	18 (12)	0,96	0,01
16:00 horas	63 (2)	63 (9)	17 (10)	0,98	<0,01
21:00 horas	42 (4)	60 (17)	24 (15)	0,92	0,02
Controle visual de plantas infestantes dicotiledôneas – 7 DAT					
02:00 horas	48 (4)	65 (17)	30 (15)	0,93	0,02
06:00 horas	52 (5)	68 (16)	29 (15)	0,93	0,02
11:00 horas	73 (4)	68 (11)	26 (11)	0,96	0,01
16:00 horas	71 (6)	62 (16)	21 (16)	0,93	0,02
21:00 horas	52 (6)	73 (21)	36 (20)	0,91	0,03
Controle visual de plantas infestantes dicotiledôneas – 14 DAT					
02:00 horas	64 (5)	77 (15)	36 (14)	0,96	0,01
06:00 horas	65 (6)	73 (18)	36 (17)	0,93	0,02
11:00 horas	89 (4)	66 (8)	22 (9)	0,98	0,03
16:00 horas	91 (4)	68 (7)	24 (8)	0,98	<0,01
21:00 horas	63 (6)	75 (16)	35 (15)	0,94	0,01
Controle visual de plantas infestantes dicotiledôneas – 21 DAT					
02:00 horas	77 (5)	87 (10)	35 (10)	0,98	<0,01
06:00 horas	80 (7)	75 (17)	36 (16)	0,94	0,01
11:00 horas	92 (2)	64 (4)	19 (5)	0,99	<0,01
16:00 horas	95 (3)	67 (6)	20 (7)	0,99	<0,01
21:00 horas	81 (6)	80 (14)	37 (13)	0,96	<0,01

<sup>a</sup> Sigmoidal com 3 parâmetros:  $y=A/(1+\exp(-(d-D_{A50c})/b))$ , onde A= assíntota máxima de controle visual; d= dose de fomesafen;  $D_{A50c}$ = dose que confere 50% do valor da assíntota máxima; b= declividade da curva.

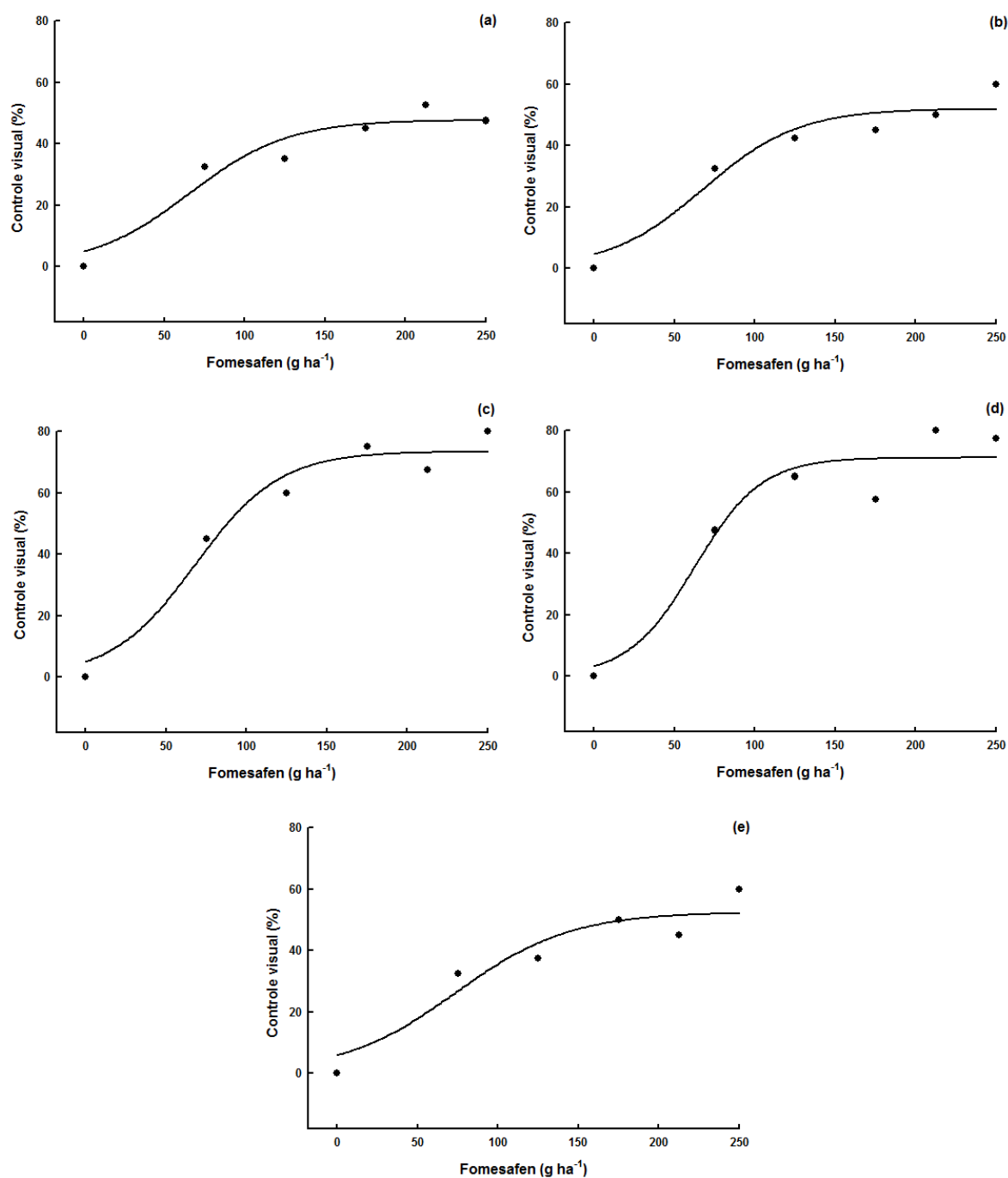
<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.



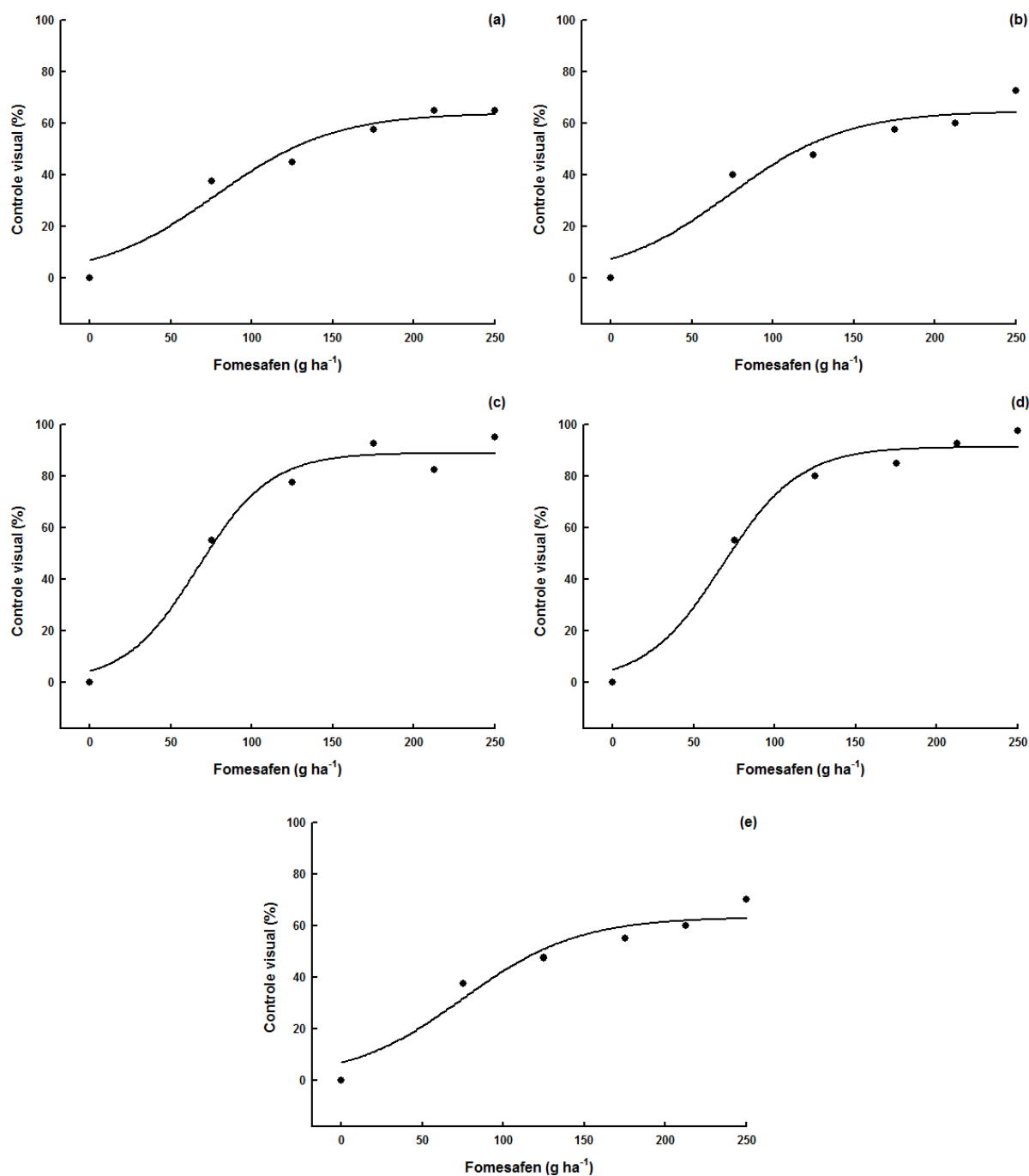
**Figura 6.1** - Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 3 DAT. Equações na Tabela 6.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

A densidade das plantas daninhas dicotiledôneas presentes no experimento também foi avaliada nas mesmas quatro datas de avaliação do controle visual. Nas duas primeiras datas de avaliação (3 e 7 DAT) não ocorreu interação significativa ( $P < 0,25$ ) entre os horários de aplicação do herbicida e as doses de

fomesafen. Nas demais avaliações houve interação significativa entre os fatores estudados ( $P < 0,25$ ). Assim, os resultados de redução da densidade das plantas infestantes começam a ser descritos a partir da data de ocorrência de interação significativa.



**Figura 6.2** - Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 7 DAT. Equações na Tabela 6.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

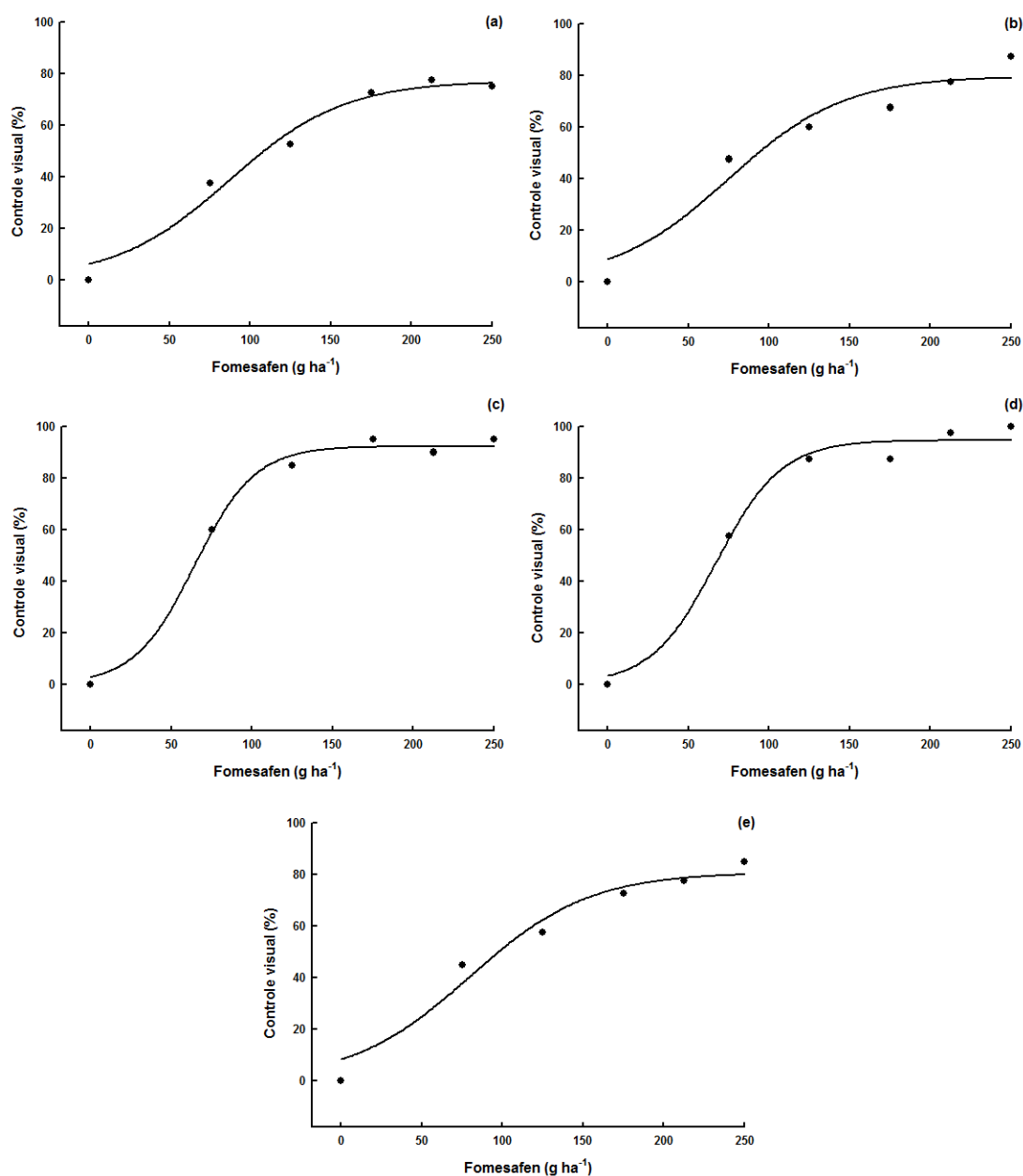


**Figura 6.3** - Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 14 DAT. Equações na Tabela 6.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Aos 14 DAT, a máxima redução da densidade das plantas daninhas ( $77 \pm 36\%$ ) foi baixa quando fomesafen foi aplicado às 02:00h (Figura 6.5). Esse valor foi menor em comparação aos valores de assíntota máxima obtidos pelos horários de aplicação do herbicida das 06:00h e das 11:00h (Tabela 6.2). Ainda nessa data de



avaliação, foi possível observar que o produto, quando aplicado às 06:00h, proporcionou maior redução máxima da densidade das infestantes (assíntota máxima) em relação ao horário de aplicação das 16:00h (Tabela 6.2). Já na avaliação dos 21 DAT, os valores de assíntota máxima de redução da densidade das plantas daninhas alcançados pelos horários de aplicação de fomesafen não diferiram entre si (Tabela 6.2 e Figura 6.6).



**Figura 6.4** - Controle visual (%) de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliado aos 21 DAT. Equações na Tabela 6.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

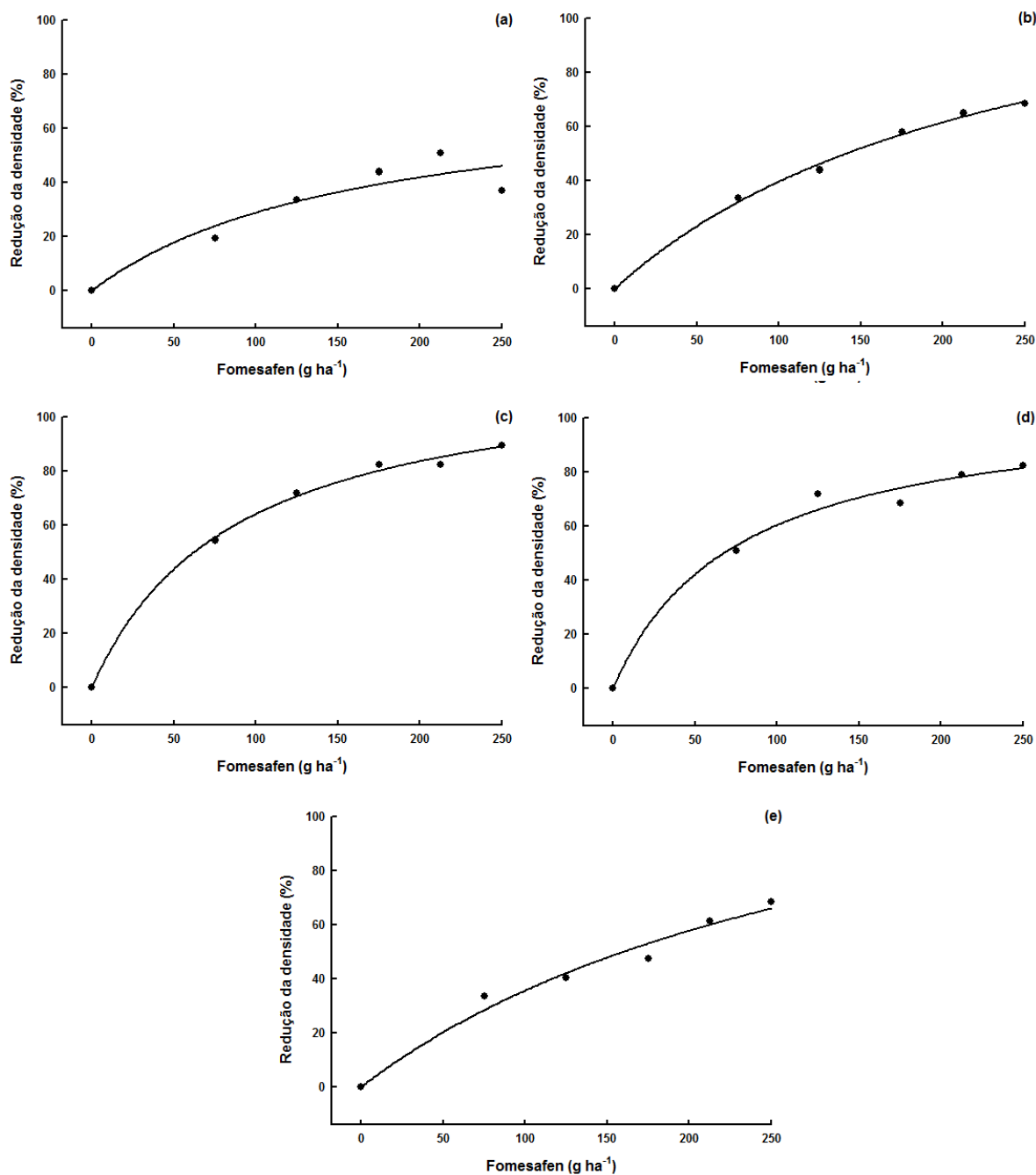
**Tabela 6.2** - Estimativas dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem a redução da densidade e da massa seca de plantas daninhas dicotiledôneas com diversas doses de fomesafen, em função dos horários de aplicação; densidade avaliada em dois períodos após a aplicação e massa seca aos 21 DAT somente. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>		i	R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	D <sub>A50</sub> (ep)			
Redução da densidade de plantas infestantes dicotiledôneas – 14 DAT					
02:00 horas	77 (36)	166 (159)	0,46	0,89	0,01
06:00 horas	138 (14)	247 (42)	0,56	0,99	<0,01
11:00 horas	120 (6)	87 (12)	1,38	0,99	<0,01
16:00 horas	106 (11)	75 (24)	1,41	0,99	<0,01
21:00 horas	152 (50)	327 (169)	0,46	0,98	<0,01
Redução da densidade de plantas infestantes dicotiledôneas – 21 DAT					
02:00 horas	115 (17)	103 (40)	1,12	0,98	<0,01
06:00 horas	118 (8)	85 (17)	1,39	0,99	<0,01
11:00 horas	118 (8)	48 (14)	2,46	0,99	<0,01
16:00 horas	118 (7)	44 (12)	2,68	0,99	<0,01
21:00 horas	125 (9)	91 (18)	1,37	0,99	<0,01
Redução da massa seca de plantas infestantes dicotiledôneas – 21 DAT					
02:00 horas	109 (22)	89 (51)	1,22	0,95	<0,01
06:00 horas	107 (3)	56 (6)	1,91	0,99	<0,01
11:00 horas	114 (6)	39 (10)	2,92	0,99	<0,01
16:00 horas	119 (7)	44 (12)	2,70	0,99	<0,01
21:00 horas	111 (6)	55 (12)	2,02	0,98	<0,01

<sup>a</sup> Hipérbole retangular simples com dois parâmetros:  $y=A*d/(D_{A50}+d)$ , onde A= assíntota máxima de redução da densidade ou da massa seca; d= dose de fomesafen; D<sub>A50</sub>= dose que confere 50% do valor da assíntota máxima;  $i=A/D_{A50}$ = redução percentual da densidade ou da massa seca das infestantes para cada grama de fomesafen aplicada.

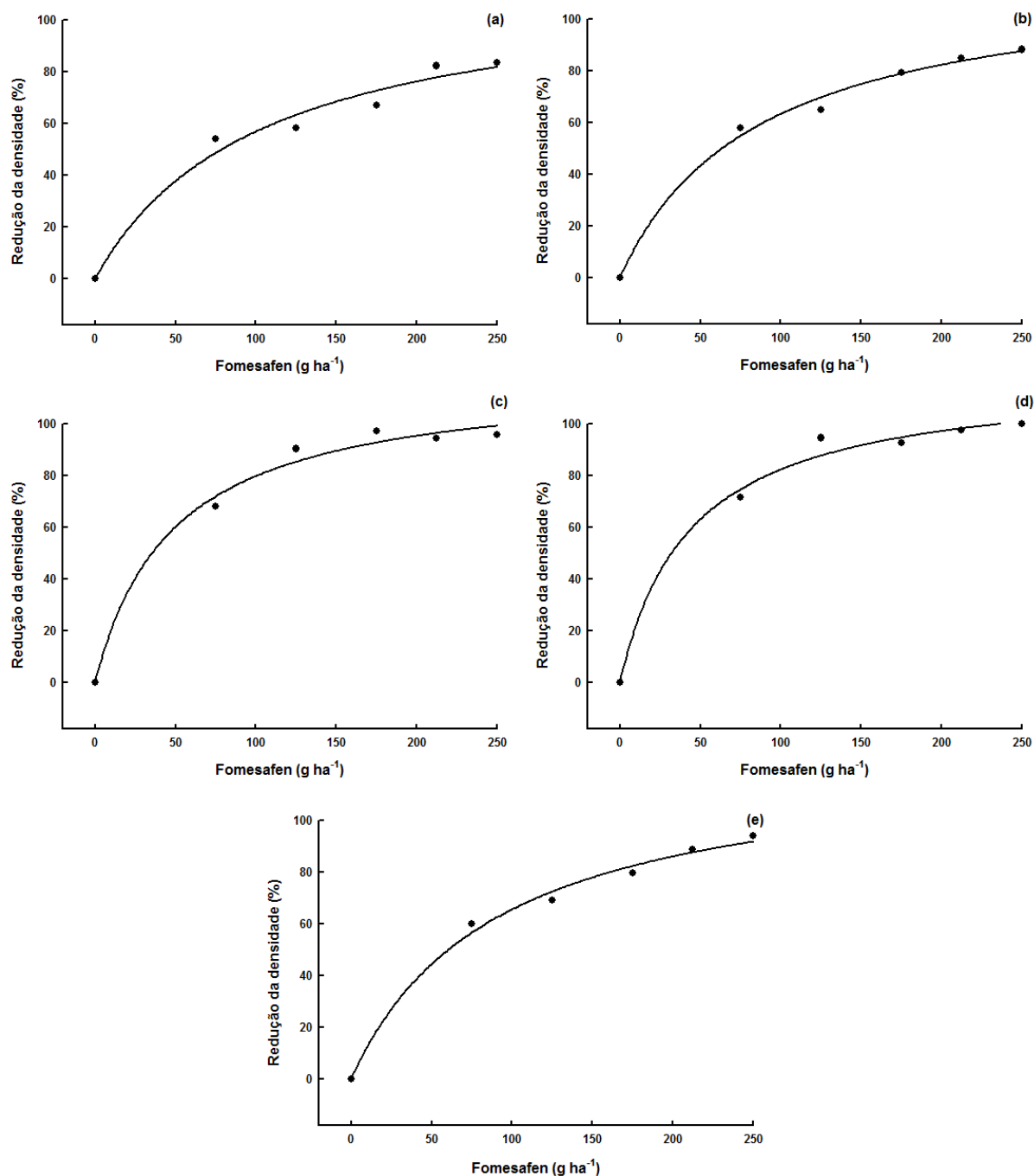
<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.

Aos 21 DAT foi possível determinar a massa seca das plantas daninhas. A análise estatística revelou ocorrência de interação significativa (P=0,05) entre os fatores estudados nesse experimento. Isso significa que as doses de fomesafen tiveram comportamento diferenciado nos diferentes horários de aplicação do herbicida (Tabela 6.2 e Figura 6.7). Por exemplo, quando o produto foi aspergido às 11:00h, a D<sub>A50m</sub> (39±10) foi baixa, diferindo da D<sub>A50m</sub> (56±6) do horário de aplicação das 06:00h (Tabela 6.2). Além disso, o valor da assíntota máxima obtido pelo horário de aplicação de fomesafen às 16:00h foi maior em relação ao obtido pela aspersão do herbicida às 06:00h (Tabela 6.2).



**Figura 6.5** - Redução (%) da densidade de plantas daninhas dicotiledôneas, em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 14 DAT. Equações na Tabela 6.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

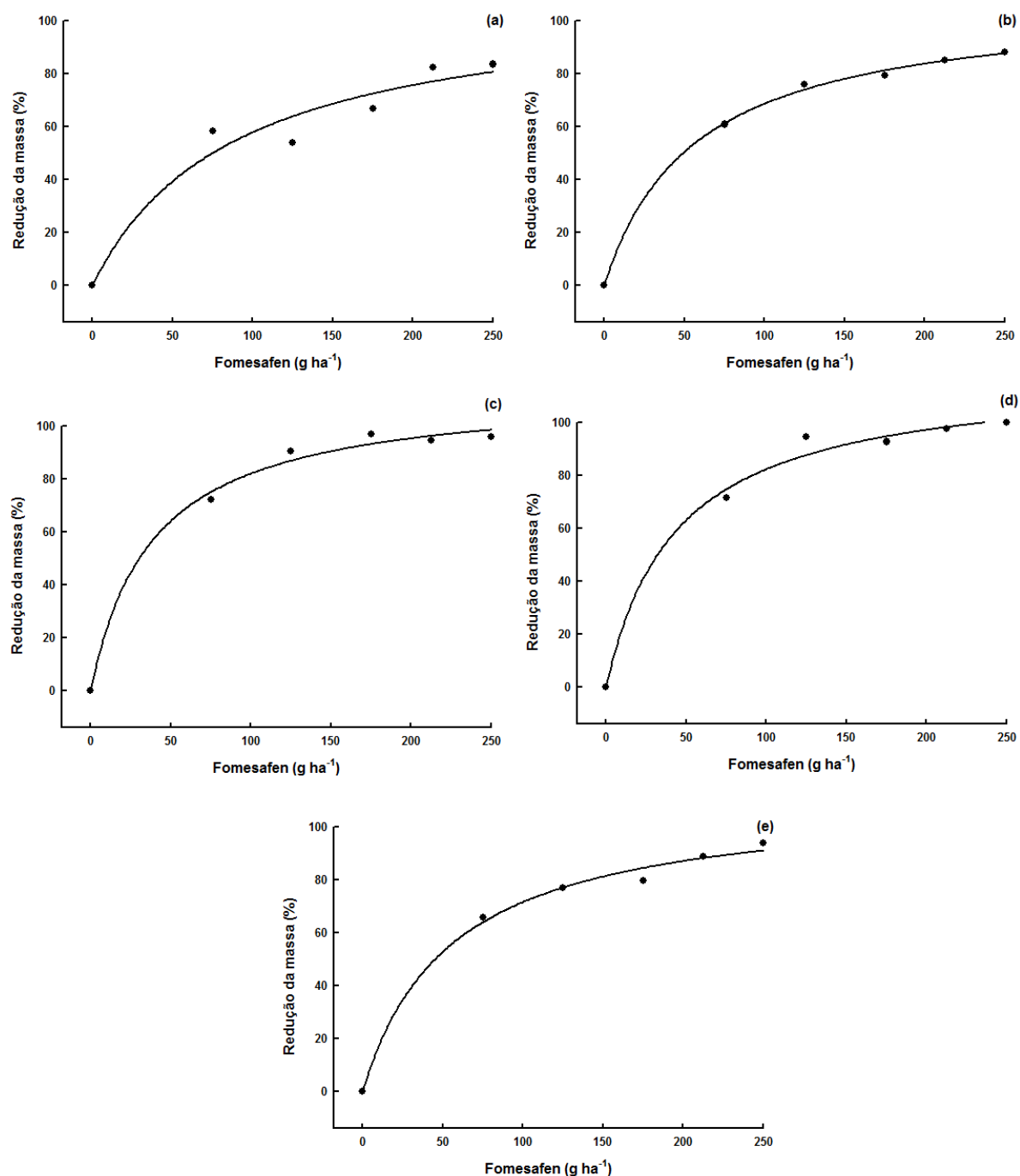
Assim como ocorrido nas análises de redução da densidade das infestantes, os valores do parâmetro “i” foram maiores também para a redução da massa seca das plantas daninhas quando a aplicação de fomesafen foi realizada nos horários mais quentes do dia (11:00h e 16:00h) (Tabela 6.2).



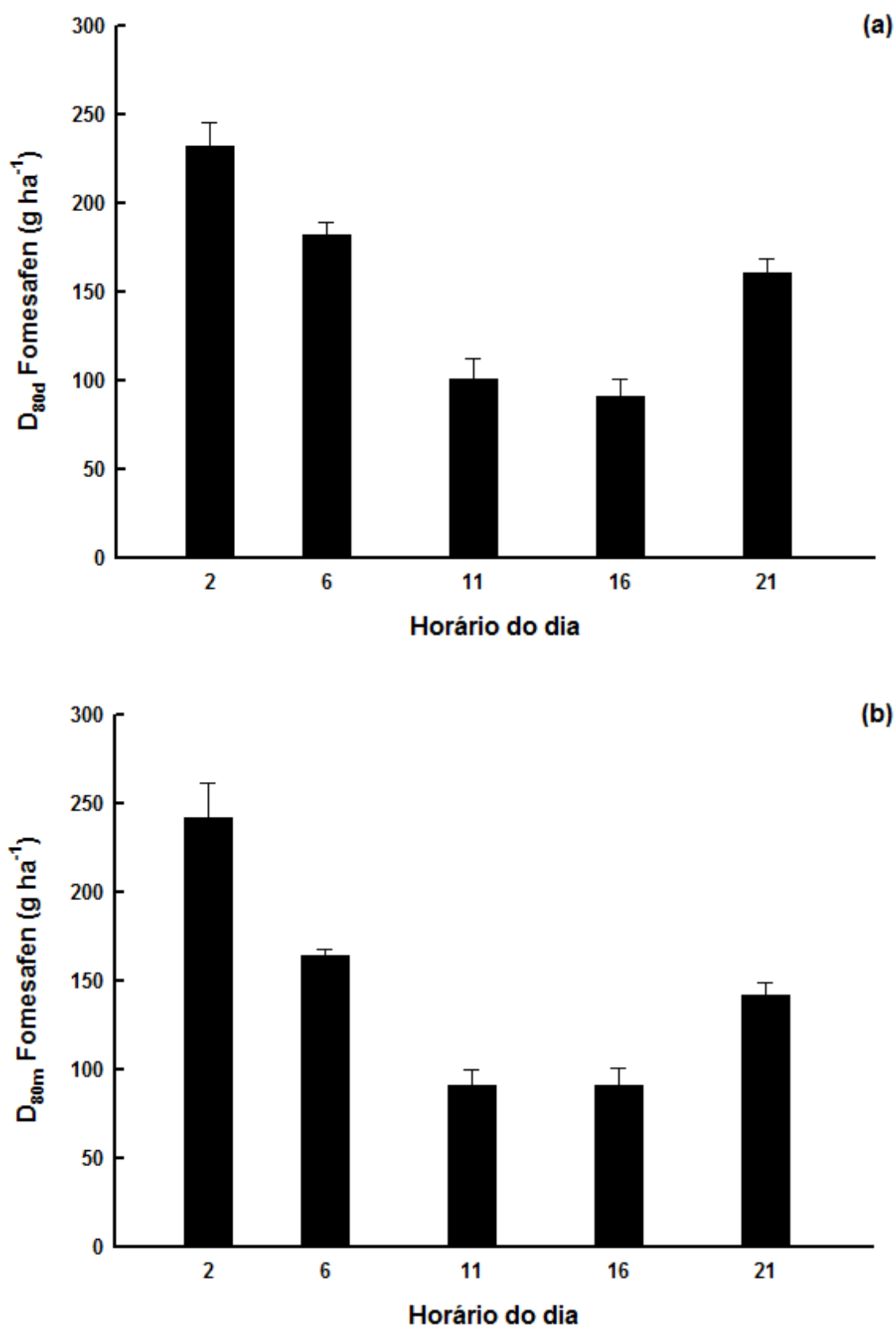
**Figura 6.6** - Redução (%) da densidade de plantas daninhas dicotiledôneas, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. Equações na Tabela 6.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Com os dados de redução da densidade e da massa seca das plantas daninhas foi possível obter valores reais de um nível aceitável de controle (80%) das infestantes. Utilizando a  $D_{80d}$  ou a  $D_{80m}$  como parâmetro de comparação é possível observar superioridade de fomesafen aplicado às 11:00h e às 16:00h em relação aos

demais horários de aplicação na redução da densidade e da massa seca das plantas daninhas (Figura 6.8). Nesses dois horários de aplicação, a máxima dose testada no experimento (dose rotulada) de fomesafen alcançou valores muito próximos de redução total da densidade e da massa seca das infestantes.



**Figura 6.7** - Redução (%) da massa seca de plantas daninhas dicotiledôneas em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação de fomesafen: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. Equações na Tabela 6.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.



**Figura 6.8** - Eficácia de fomesafen sobre plantas daninhas dicotiledôneas, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 80% de redução da densidade (a) e da massa seca (b) das infestantes, avaliadas aos 21 DAT. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011. Barras correspondem ao intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ) da média.

## 6.4 DISCUSSÃO

Em todas as datas de avaliação (3, 7, 14 e 21 DAT) do controle visual das plantas daninhas dicotiledôneas foi possível o ajuste sigmoidal das curvas de dose resposta de fomesafen. Para densidade e massa seca das plantas daninhas não houve ajuste sigmoidal na resposta das doses do herbicida. Mesmo com maior redução da dose (30% do registrado no rótulo do produto) em relação ao experimento com fluazifop-p-butyl, a menor dose testada ainda proporcionou controles expressivos comparado com a testemunha sem a aspersão de fomesafen e diferenças nem tão expressivas em comparação com as demais doses do herbicida. Assim, os dados obtidos pelos tratamentos com fomesafen foram transformados em valores de redução da densidade e da massa seca das infestantes. Nesses casos, uma curva de hipérbole retangular foi ajustada.

Na avaliação da redução da densidade das infestantes aos 3 DAT, para todos os horários de aplicação, e aos 7 DAT, para alguns horários de aspersão, houve valores negativos (dados não apresentados). Isso ocorreu porque o efeito do herbicida nas plantas daninhas até essa data foi apenas visual, mas não suficiente para ocasionar morte das infestantes. Devido a variação de plantas daninhas nas parcelas (infestação inicial em manchas), houve casos em que a densidade numa parcela de uma determinada dose era maior que a densidade numa parcela testemunha, gerando tais resultados negativos.

As condições ambientais ocorridas nas aplicações do herbicida são características da época (final do mês de abril) e da região em que o experimento foi conduzido. De maneira geral, as variáveis ambientais se comportaram com: temperaturas do ar amenas durante o dia e baixas à noite, madrugada e início do dia e; umidade relativa do ar pelo menos próxima aos 60% em todos os horários de aplicação.

De acordo com as condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos e dos resultados obtidos no experimento anterior, duas hipóteses foram formuladas para esse trabalho. A primeira hipótese foi de que a aplicação do herbicida nos horários mais quentes do dia (e com elevado nível de irradiância) aumenta a eficácia do produto no controle das infestantes, desde que a umidade relativa do ar não seja um fator limitante para isso. De fato, vários resultados obtidos

nesse experimento suportam tal hipótese.

O surgimento dos sintomas nas plantas daninhas ocasionados por fomesafen foi mais rápido quando o herbicida foi aplicado às 11:00h e às 16:00h em relação aos demais horários de aspersão. Por exemplo, na avaliação realizada aos 3 DAT, o herbicida aplicado nesses dois horários de aplicação propiciou os maiores controles visuais em comparação com os demais horários de aspersão (Tabela 6.1 e Figura 6.1). Outra evidência do rápido efeito de fomesafen no controle das infestantes de folha larga quando aplicado nos horários mais quentes do dia foi com a redução da densidade das infestantes. Aos 7 DAT, quando fomesafen foi aplicado às 02:00h, 06:00h e 21:00h foram observados valores de redução da densidade das infestantes negativos ou muito próximos de zero (dados não apresentados). No entanto, quando o herbicida foi aspergido às 11:00h e às 16:00h, desde essa data de avaliação já houve redução da densidade das plantas daninhas, fazendo com que esses dois horários de aplicação do produto se sobressaíssem sobre os demais. Além disso, na avaliação realizada aos 3 DAT, a  $D_{A50c}$  obtida com a aplicação do herbicida no horário das 16:00h foi inferior à  $D_{A50c}$  alcançada com a aplicação às 02:00h (Tabela 6.1 e Figura 6.1).  $D_{A50c}$  dos horários de aspersão das 11:00h e das 16:00h foi menor daquela obtida pela aplicação às 02:00h também aos 21 DAT (Tabela 6.1).

Praticamente todas as variáveis avaliadas aos 7, 14 e 21 DAT confirmam que o herbicida fomesafen aspergido às 11:00h e 16:00h proporcionou maiores valores de assíntota máxima de controle visual das infestantes, quando comparado com os demais horários de aplicação (Tabelas 6.1-6.2 e Figuras 6.2-6.4). Todos esses dados confirmam maior eficácia de fomesafen nesse experimento quando foi aplicado nos horários mais quentes do dia. Similarmente, avaliações realizadas aos 14 e aos 21 DAT, indicaram que a  $D_{A50d}$  obtida pela aspersão do produto às 11:00h e às 16:00h também foi menor do que aquelas  $D_{A50d}$  alcançadas pelos horários de aspersão das 06:00h e das 21:00h (Figuras 6.5-6.6 e Tabela 6.2). Do mesmo modo,  $D_{A50m}$  da aplicação de fomesafen às 11:00h foi baixa, diferindo da  $D_{A50m}$  do horário de aplicação das 06:00h (Tabela 6.2).

Os valores de redução percentual da densidade (14 e 21 DAT) e da massa seca das plantas daninhas (21 DAT) para cada grama de fomesafen aplicada foram maiores quando o herbicida foi aplicado às 11:00h e às 16:00h, quando comparado com os outros horários de aplicação do herbicida (Tabela 6.2), o que



novamente evidencia maior eficácia do produto quando aplicado nesses dois horários do dia. Além disso, os valores de  $D_{80d}$  e de  $D_{80m}$  também indicaram maior eficácia do herbicida na redução da densidade e da massa seca das infestantes quando aplicado às 11:00h e às 16:00h em relação aos demais horários de aplicação (Figura 6.8).

Trabalhos da literatura com outros herbicidas inibidores da PROTOX também obtiveram maior eficácia no controle das plantas infestantes quando a aplicação foi realizada nos horários mais quentes do dia e com elevado nível de irradiância (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998; FAUSEY e RENNEN, 2001). O controle de *Chenopodium album* L. e de *Amaranthus retroflexus* L. foram maiores quando os herbicidas fluthiacet-methyl e flumiclorac foram aspergidos às 14:00h, comparado com o horário de aplicação dos produtos às 22:00h (FAUSEY e RENNEN, 2001). Outro exemplo adicional, fomesafen aplicado nos horários das 09:00h, 14:00h e 17:00h resultou em controles de *B. pilosa*, *Alternanthera tenella* Colla e *Indigofera hirsuta* L. superiores em relação aos horários noturnos de aplicação (05:00h e 22:00h) (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998).

As explicações para elevada eficácia desses herbicidas incluem as condições ambientais no momento da aplicação dos produtos e o mecanismo de ação dos inibidores da PROTOX. De fato, herbicidas desse grupo, quando aspergidos em horários diurnos, têm sua atividade favorecida devido à elevada temperatura do ar (MCWHORTER, 1981; WILLINGHAM e GRAHAM, 1988; FAUSEY e RENNEN, 2001; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2011) e também pela acentuada intensidade luminosa (VANSTONE e STOBBE, 1979; FAUSEY e RENNEN, 2001). Elevação da temperatura do ar, até certo limite, aumenta o metabolismo da planta e favorece a ação do herbicida (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001). Com relação ao mecanismo de ação desse grupo de herbicidas, a luz é indispensável para a sua atividade. Com efeito, o oxigênio molecular combina com a protoporfirina IX para gerar oxigênio singleto. Na presença de luz, esse radical livre é responsável pela peroxidação lipídica (LEE e DUKE, 1994; HESS, 2000), ocasionando extravasamento eletrolítico (TREZZI et al., 2011) e subsequente morte celular das plantas sensíveis aos herbicidas inibidores da PROTOX.

Entretanto, nem sempre a aplicação de herbicidas inibidores da PROTOX aplicados em horários mais quentes do dia confere maior eficácia ao produto (RAMIRES et al., 1999; FAUSEY e RENNEN, 2001). Por exemplo, o

herbicida fomesafen, aplicado às 11:30h, propiciou o menor controle de *Commelina benghalensis* L., quando comparado com vários horários de aplicação do herbicida compreendidos entre 05:30h e 02:30h, em avaliações realizadas até os 7 DAT (RAMIRES et al., 1999). Baixa umidade relativa do ar nesse horário de aplicação pode ter prejudicado a atividade de fomesafen (RITTER e COBLE, 1981; WILLS e MCWHORTER, 1981; WICHERT et al., 1992). Contudo, em avaliações visuais posteriores (14 e 21 DAT), observou-se elevados controles (>97%) da infestante, independente do horário de aplicação do produto (RAMIRES et al., 1999).

O horário de aplicação (06:00h, 14:00h e 22:00h) dos herbicidas fluthiacet-methyl e flumiclorac não influenciou o controle de *A. theophrasti* (FAUSEY e RENNER, 2001). Porém, como visto anteriormente, diferenças significativas entre esses horários de aplicação foram observadas no controle de outras plantas daninhas. Isso mostra que a interação entre herbicida e horário de aplicação é influenciada pela espécie infestante.

Os resultados encontrados nesse experimento são bem condizentes com elevada eficácia de fomesafen quando esse é aplicado em horários mais quentes do dia. Tal consideração é apoiada em alguns casos e rejeitada em outros. Verifica-se grande interação entre fatores (ambiente, herbicida, espécie infestante) em experimentos que avaliam a eficácia do herbicida em condições de campo. Isso explica a ocorrência de variação nos resultados de controle das plantas infestantes.

A segunda hipótese desse trabalho é a de que a aplicação de fomesafen nos horários noturnos prejudica a eficácia do herbicida devido a ausência de luz no momento da aspersão do produto. Com efeito, em várias situações, a aplicação de fomesafen nos horários das 02:00h e das 21:00h mostrou eficácia inferior aos horários diurnos das 11:00 e das 16:00h. Por exemplo, fomesafen, aplicado às 02:00h, além de proporcionar baixo valor de controle visual máximo, ainda apresentou uma  $D_{A50c}$  superior em relação à  $D_{A50c}$  obtida com a aplicação do herbicida no horário das 16:00h (Tabela 6.1 e Figura 6.1). De forma análoga, na avaliação aos 21 DAT, o herbicida, aplicado às 02:00h, continuou apresentando maior valor da  $D_{A50c}$ , principalmente em comparação com a  $D_{A50c}$  dos horários das 11:00h e das 16:00h (Tabela 6.1).

Adicionalmente, nas avaliações realizadas aos 14 DAT, a máxima redução da densidade das plantas daninhas também foi baixa quando fomesafen foi aplicado às 02:00h. Esse valor foi menor em comparação aos valores de assíntota

máxima obtido pelo horário de aplicação do herbicida das 11:00h (Figura 6.5 e Tabela 6.2).  $D_{A50d}$  alcançada pela aspersão de fomesafen às 21:00h também foi maior do que a  $D_{A50d}$  obtida pela aspersão do produto às 11:00h e às 16:00h, tanto aos 14 como nos 21 DAT (Tabela 6.2). Comprovando a menor eficiência, quando aplicado às 02:00h, maior dose de fomesafen foi necessária para atingir a  $D_{80d}$  ou a  $D_{80m}$ . O horário de aplicação das 21:00h obteve menores valores de  $D_{80d}$  e de  $D_{80m}$  em relação aos obtidos com a aplicação às 02:00h, mas não o suficiente para equiparar com a eficácia do herbicida quando esse foi aplicado às 11:00h e às 16:00h (Figura 6.8).

Aplicação noturna de herbicidas inibidores da PROTOX também prejudicou o controle de espécies infestantes em trabalhos encontrados na literatura (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998; FAUSEY e RENNER, 2001). Aplicação de fluthiacet-methyl e flumiclorac às 22:00h apresentou menor controle de *C. album* e *A. retroflexus*, quando comparado com o horário de aspersão dos produtos das 14:00h (FAUSEY e RENNER, 2001). Para as três espécies infestantes presentes no experimento (*A. tenella*, *I. hirsuta* e *C. benghalensis*), aplicação de lactofen às 22:00h proporcionou os piores resultados de controle. Em avaliação realizada no dia seguinte à aplicação do herbicida, o controle geral das plantas daninhas presentes na parcela também foi superior no horário das 05:00h e inferior no das 22:00h (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998).

Aplicação em horários diurnos favorece a eficácia de herbicidas inibidores da PROTOX, enquanto que aspersões em horários noturnos tendem a prejudicar o controle das plantas daninhas. A necessidade da presença de luz para que o produto inicie seu efeito na planta influencia grandemente nesses resultados. Além disso, nesse experimento, quando fomesafen foi aspergido as 02:00h, 06:00h e 21:00h, as temperaturas do ar estavam reduzidas, principalmente nos dois primeiros horários, no quais os valores foram inferiores a 15°C. Esse fato também pode ter prejudicado a eficácia de fomesafen quando aspergido nesses horários em detrimento aos horários mais quentes do dia. No próximo capítulo será visto mais detalhes da influência das variáveis ambientais sobre a eficácia dos herbicidas inibidores da PROTOX.

## 6.5 CONCLUSÕES

Eficácia de fomesafen sobre plantas daninhas dicotiledôneas é influenciada pelo horário do dia em que o produto é aspergido. Aplicação do herbicida em horários diurnos, com elevada temperatura do ar e irradiância, favoreceu o desempenho de fomesafen no controle das plantas daninhas de folha larga.

## **7 VARIÁVEIS AMBIENTAIS INFLUENCIANDO A EFICÁCIA DE FOMESAFEN NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DICOTILEDÔNEAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA EM DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

O aumento na eficácia de controle das plantas daninhas depende das condições ambientais no momento da aplicação dos herbicidas. Elas podem otimizar a interceptação, absorção e translocação do produto pela infestante. Variáveis ambientais influenciam grandemente o desempenho dos herbicidas inibidores da PROTOX. Dentre elas, pode-se destacar: temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade.

Temperatura do ar entre 20 a 30°C e umidade relativa do ar acima de 65% no momento da aspersão, melhoram as características da cutícula da planta daninha e facilitam a interação com as propriedades físicas e químicas do produto, resultando em maior absorção do herbicida pela planta (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001). De fato, a eficácia dos herbicidas inibidores da PROTOX é favorecida em condições de aplicação com maior temperatura do ar, até determinado limite, (LEE e OLIVER, 1982; WILLINGHAM e GRAHAM, 1988; LI; WEHTJE; WALKER, 2000; FAUSEY e RENNER, 2001; PRICE; WILCUT; CRANMER, 2004; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2011) e elevada umidade relativa do ar (RITTER e COBLE, 1981; WILLS e MCWHORTER, 1981; WILLINGHAM e GRAHAM, 1988; CASELEY, 1989; WICHERT et al., 1992; SHAW et al., 2000; FAUSEY e RENNER, 2000; HATTERMAN-VALENTI; PITTY; OWEN, 2011).

A absorção dos inibidores da PROTOX é facilitada quando os herbicidas são aplicados em ausência de luz seguida de exposição à luminosidade. Nesse caso, o dano imediato as células externas do parênquima foliar é menor, proporcionando maior penetração e distribuição do produto na planta (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001). No entanto, a presença de luz é indispensável para a eficácia desses herbicidas (VANSTONE e STOBBE, 1979; FAUSEY e RENNER, 2001; HWANG et al., 2004). Como visto no capítulo anterior, a luminosidade é imprescindível para desencadear os processos inibitórios nas plantas infestantes.

Além disso, longo período da planta tratada no escuro pode resultar em detoxificação do herbicida e diminuir seu efeito (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001).

Em síntese, diversos fatores influenciam na eficácia dos herbicidas inibidores da PROTOX, com destaque para as condições ambientais no momento da aplicação do produto. O estudo dessas variáveis em situações a campo pode ser realizado com aspersão do herbicida em diversos horários do dia (DEVINE, 1988; SKUTERUD, 1998). Esse capítulo teve como objetivo geral avaliar a interação de fatores do ambiente, quando os herbicidas são aplicados em diversos horários do dia, sobre a eficácia de fomesafen no controle de plantas daninhas dicotiledôneas.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido a campo na área experimental do curso de Agronomia da UTFPR, cujas coordenadas geográficas, solo e clima do local são as mesmas já descritas no Capítulo 2.

Foi utilizado o mesmo delineamento experimental e os mesmos tratamentos do Capítulo 6. O número de unidades experimentais e a área de cada parcela também seguem a descrição desse capítulo. O manejo empregado (dessecação, semeadura e adubação) para a implantação do experimento também foi o descrito no capítulo anterior. Os procedimentos para as aplicações dos tratamentos também já foram apresentados no sexto capítulo dessa dissertação.

Três variáveis de controle (controle visual, densidade e massa seca) das plantas daninhas dicotiledôneas presentes nas unidades experimentais foram avaliadas conforme a metodologia empregada no capítulo anterior. Em cada horário de aplicação do herbicida, as variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento) foram medidas no local do experimento, conforme métodos descritos no Capítulo 3.

Foram realizadas todas as correlações possíveis somente entre as variáveis de controle, somente entre as variáveis ambientais e também entre todas as variáveis de controle com cada uma das variáveis ambientais. Para o último caso, a fim de igualar o número de pares de dados (5), devido aos cinco horários de aplicação do herbicida, as variáveis ambientais foram correlacionadas com o

parâmetro de eficácia do produto  $D_{A50}$ , para as três variáveis de controle.

Com auxílio do programa computacional SigmaPlot 11.0, os dados das variáveis “x” e “y” foram inseridos num gráfico, traçando uma reta linear (sempre que possível) para obtenção do coeficiente de correlação e a significância dessa. Em algumas exceções, a equação utilizada para descrever a correlação não foi linear, usando aquela que proporcionou melhor ajuste aos dados.

Por fim, um mapa conceitual foi elaborado entre cada uma das variáveis de controle das infestantes com as variáveis ambientais, a fim de encontrar “vias” que explicam a eficácia do herbicida. Linhas tracejadas ligando duas variáveis indicam ausência de correlação significativa ( $P > 0,15$ ) entre essas. A espessura da linha entre duas variáveis e o número de asteriscos sobre o coeficiente de correlação dessas aumenta de acordo com o grau de significância ( $P < 0,15$ ,  $P < 0,10$  e  $P < 0,05$ ).

### 7.3 RESULTADOS

As variáveis ambientais avaliadas no momento da realização dos tratamentos com fomesafen encontram-se descritas na Tabela 7.1.

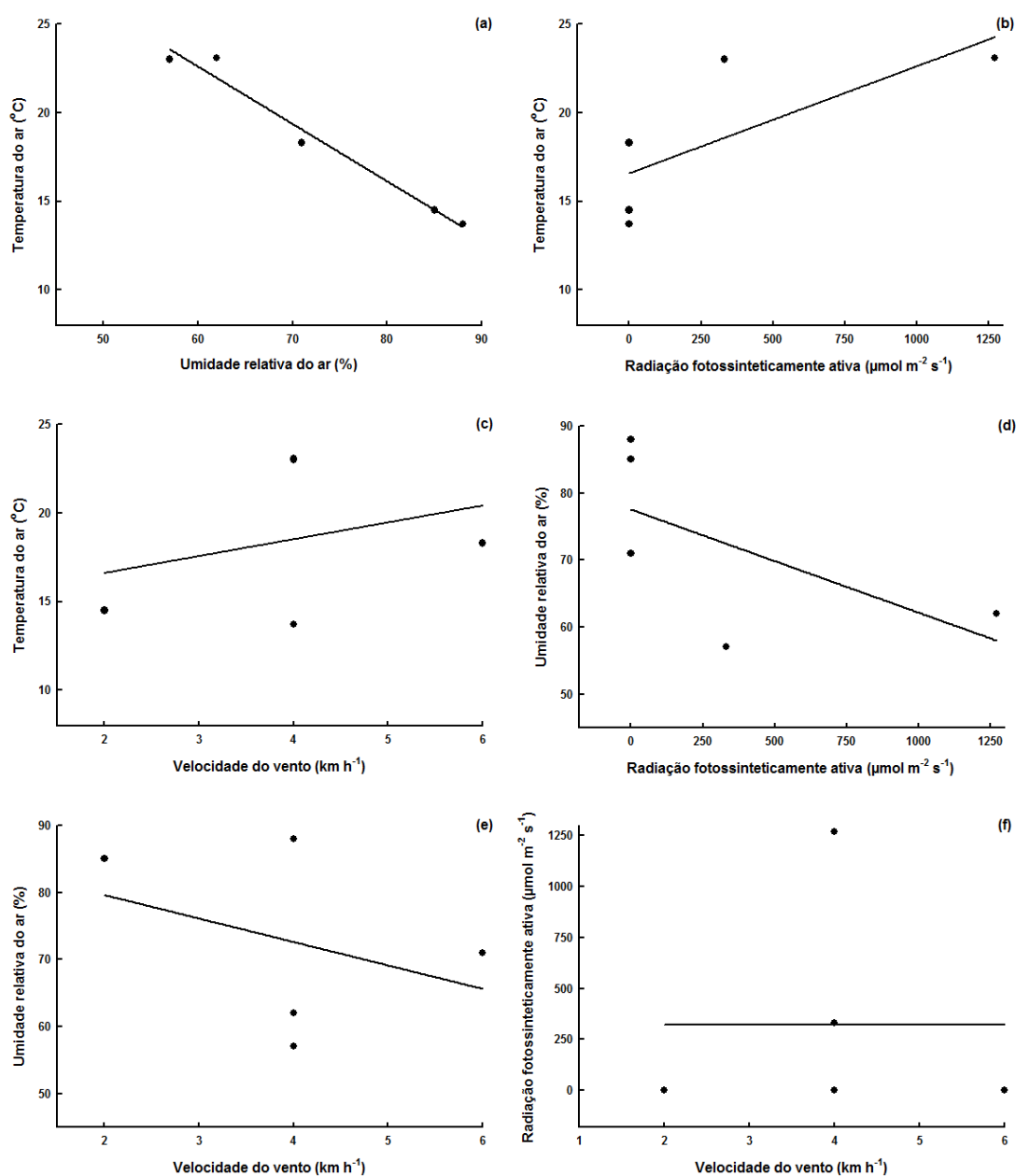
**Tabela 7.1** - Condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos com fomesafen para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do feijão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Horário	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	RFA <sup>1</sup> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Velocidade do vento ( $\text{km h}^{-1}$ )
02:00 horas	14,5	85	0,06	2,0
06:00 horas	13,7	88	0,24	4,0
11:00 horas	23,1	62	1300,35	4,0
16:00 horas	23,0	57	332,05	4,0
21:00 horas	18,3	71	0,08	6,0

<sup>1</sup> Radiação fotossinteticamente ativa.

Houve baixa correlação ( $P > 0,25$ ) entre a maioria das variáveis ambientais analisadas de duas em duas (Figura 7.1 e Tabela 7.2). Entre as exceções, detectou-se correlação ( $P < 0,01$ ) entre temperatura do ar e umidade

relativa do ar (Tabela 7.2). O aumento da primeira variável ambiental foi acompanhado por decréscimo da segunda (Figura 7.1a). Temperatura do ar também correlacionou-se ( $P=0,15$ ) com radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 7.2). Nesse caso, a luminosidade foi incrementada com elevação da temperatura do ar (Figura 7.1b).



**Figura 7.1** - Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b) e velocidade do vento (c); entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (d) e velocidade do vento (e) e entre radiação fotossinteticamente ativa com velocidade do vento (f). Variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.



**Tabela 7.2** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle das infestantes de folha larga com variáveis que afetam a eficácia de fomesafen em plantas daninhas dicotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

(continua)

Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P	n <sup>a</sup>
Momento da aplicação dos tratamentos					
Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	$y=41,99-0,32x$	0,97	<0,01	5
Temperatura do ar	RFA <sup>b</sup>	$y=16,59+0,01x$	0,55	0,15	5
Temperatura do ar	Velocidade do vento	$y=14,72+0,95x$	0,09	0,62	5
Umidade relativa do ar	RFA	$y=77,53-0,02x$	0,38	0,27	5
Umidade relativa do ar	Velocidade do vento	$y=86,60-3,50x$	0,13	0,55	5
RFA	Velocidade do vento	$y=320,45+0,01x$	<0,01	1,00	5
3 DAT					
Controle visual	Densidade de infestantes	$y=47,24-0,37x$	0,01	0,46	108
D <sub>A50c</sub> <sup>c</sup>	Temperatura do ar	$y=108,97-2,15x$	0,35	0,30	5
D <sub>A50c</sub>	Umidade relativa do ar	$y=18,09+0,70x$	0,35	0,30	5
D <sub>A50c</sub>	RFA	$y=73,17-0,01x$	0,18	0,48	5
D <sub>A50c</sub>	Velocidade do vento	$y=107,20-9,50x$	0,68	0,09	5
7 DAT					
Controle visual	Densidade de infestantes	$y=80,78-2,96x$	0,29	<0,01	108
D <sub>A50c</sub>	Temperatura do ar	$y=70,86-0,20x$	0,05	0,73	5
D <sub>A50c</sub>	Umidade relativa do ar	$y=62,51+0,07x$	0,05	0,73	5
D <sub>A50c</sub>	RFA	$y=67,39-0,001x$	0,01	0,90	5
D <sub>A50c</sub>	Velocidade do vento	$y=59,20+2,00x$	0,48	0,20	5
14 DAT					
Controle visual	Densidade de infestantes	$y=93,14-4,77x$	0,61	<0,01	108
D <sub>A50c</sub>	Temperatura do ar	$y=88,13-0,88x$	0,72	0,07	5
D <sub>A50c</sub>	Umidade relativa do ar	$y=-134,23+4,33x$	0,31	0,33	5
D <sub>A50c</sub>	RFA	$y=221,03-0,13x$	0,42	0,23	5
D <sub>A50c</sub>	Velocidade do vento	$y=19,40+40,25x$	0,28	0,36	5
D <sub>A50d</sub> <sup>d</sup>	Temperatura do ar	$y=455,44-14,85x$	0,39	0,26	5
D <sub>A50d</sub>	Umidade relativa do ar	$y=-46,48+1,66x$	0,73	0,06	5
D <sub>A50d</sub>	RFA	$y=85,65-0,04x$	0,55	0,15	5
D <sub>A50d</sub>	Velocidade do vento	$y=223,00-79,00x+9,50x^2$	0,64	0,36	5
21 DAT					
Controle visual	Densidade de infestantes	$y=92,54-5,92x$	0,80	<0,01	108
Controle visual	Massa seca de infestantes	$y=91,62-4,12x$	0,84	<0,01	108
Densidade de infestantes	Massa seca de infestantes	$y=0,57+0,62x$	0,84	<0,01	108
D <sub>A50c</sub>	Temperatura do ar	$y=105,79-1,68x$	0,65	0,10	5
D <sub>A50c</sub>	Umidade relativa do ar	$y=37,56+0,51x$	0,55	0,15	5
D <sub>A50c</sub>	RFA	$y=78,83-0,01x$	0,60	0,13	5
D <sub>A50c</sub>	Velocidade do vento	$y=135,00-31,42x+3,71x^2$	0,82	0,18	5
D <sub>A50d</sub>	Temperatura do ar	$y=172,41-5,30x$	0,80	0,04	5
D <sub>A50d</sub>	Umidade relativa do ar	$y=-46,48+1,66x$	0,73	0,06	5
D <sub>A50d</sub>	RFA	$y=85,65-0,04x$	0,55	0,15	5
D <sub>A50d</sub>	Velocidade do vento	$y=223,00-79,00x+9,50x^2$	0,64	0,36	5

**Tabela 7.2** - Estimativas dos parâmetros das correlações entre variáveis de controle das infestantes de folha larga com variáveis que afetam a eficácia de fomesafen em plantas daninhas dicotiledôneas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

(conclusão)

Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P	n <sup>a</sup>
21 DAT					
D <sub>A50m</sub> <sup>e</sup>	Temperatura do ar	y=117,36-3,28x	0,57	0,14	5
D <sub>A50m</sub>	Umidade relativa do ar	y=-18,81+1,04x	0,53	0,16	5
D <sub>A50m</sub>	RFA	y=63,62-0,02x	0,38	0,27	5
D <sub>A50m</sub>	Velocidade do vento	y=183,00-59,83x+6,42x <sup>2</sup>	0,90	0,10	5

<sup>a</sup> Número de pares de dados utilizados na análise.

<sup>b</sup> Radiação fotossinteticamente ativa.

<sup>c</sup> Dose de fomesafen que confere 50% do valor da assíntota máxima de controle visual das infestantes.

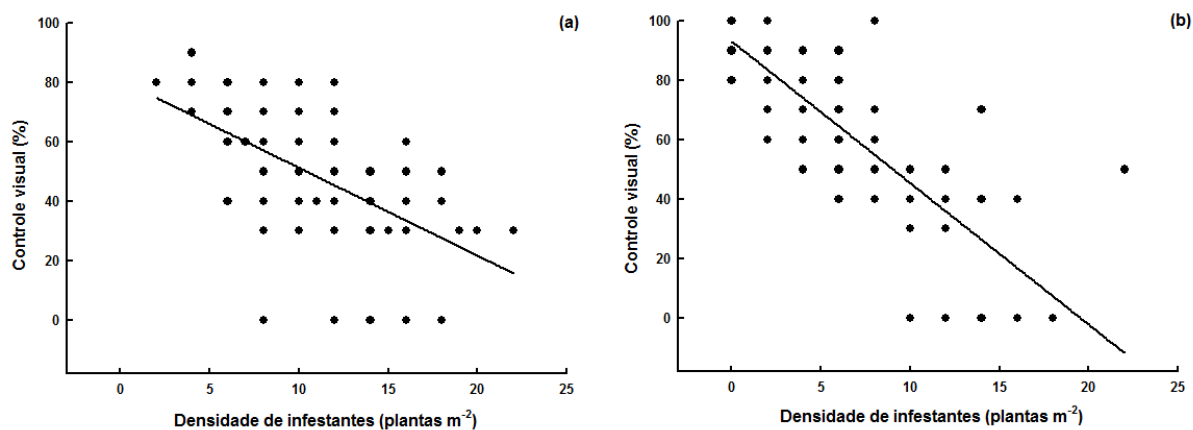
<sup>d</sup> Dose de fomesafen capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de densidade das infestantes.

<sup>e</sup> Dose de fomesafen capaz de reduzir 50% o valor da assíntota máxima de massa seca das infestantes.

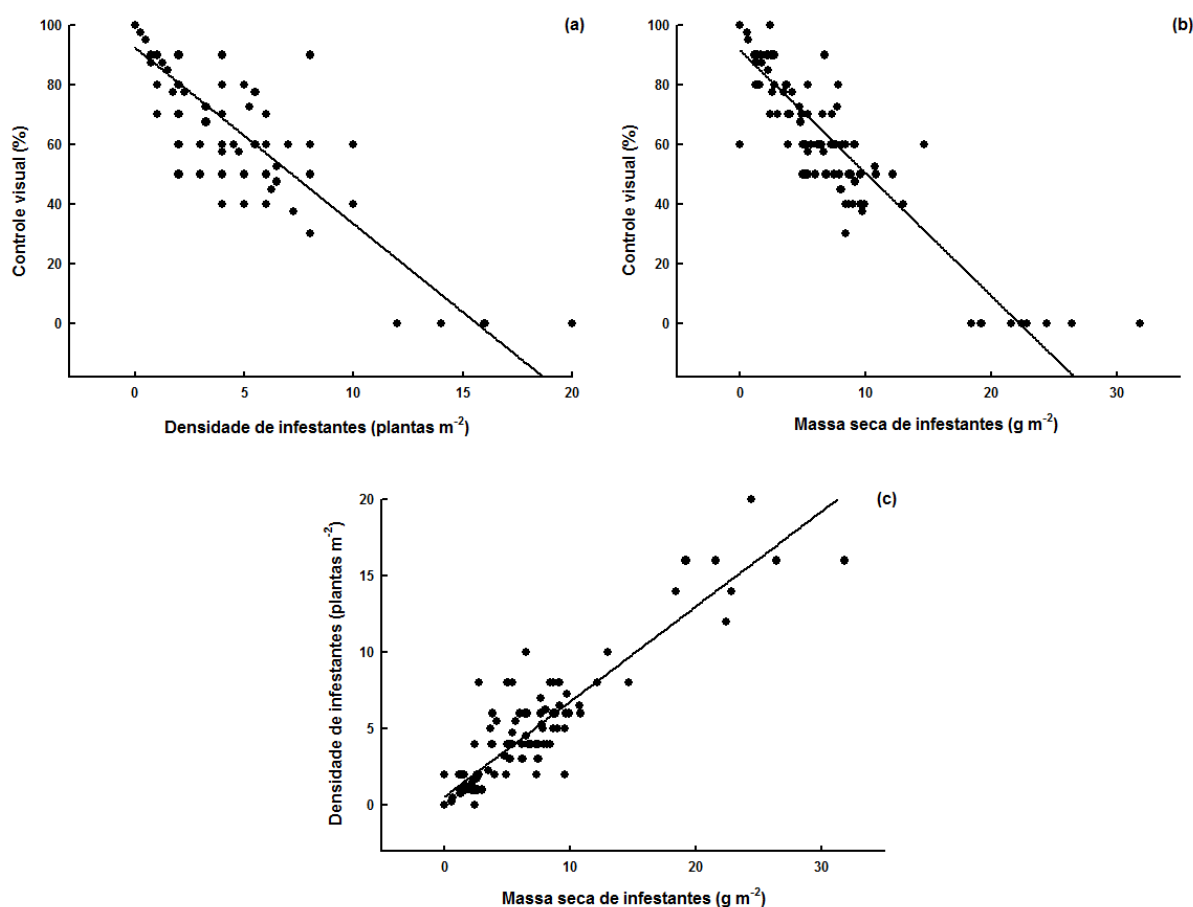
Aos 3, 7, 14 e 21 DAT foi realizada correlação entre duas variáveis de eficácia de fomesafen no controle das infestantes de folha larga: controle visual e densidade de infestantes. Somente na primeira época de avaliação não houve correlação significativa ( $P > 0,25$ ) entre essas duas variáveis (Tabela 7.2). Isso decorreu, provavelmente, pelo fato da infestação inicial das plantas daninhas estar localizada em manchas nas parcelas e também pelo fato de não haver controle total (redução da densidade) das infestantes pelo herbicida até aquela data. Com o decorrer do tempo, essas variáveis correlacionaram-se ( $P < 0,01$ ) negativamente entre si (Tabela 7.2). Nas três últimas datas de avaliação (7, 14 e 21 DAT), aumento no controle visual das plantas daninhas representou decréscimo no número de infestantes  $m^{-2}$  (Figuras 7.2 e 7.3a).

Na avaliação realizada aos 21 DAT, a massa seca das infestantes foi determinada, sendo possível a correlação com as demais variáveis de controle já correlacionadas em datas anteriores (controle visual e densidade das infestantes). Similarmente com a densidade das infestantes, o controle visual também correlacionou-se ( $P < 0,01$ ) de maneira negativa com a massa seca das plantas daninhas (Tabela 7.2). Os valores de massa seca das infestantes  $m^{-2}$  sofreram redução conforme o controle visual das mesmas foi ampliado (Figura 7.3b). A correlação ( $P < 0,01$ ) entre densidade e massa seca das infestantes foi positiva (Tabela 7.2). Maior quantidade de plantas daninhas por área foi acompanhada por

valores superiores de massa seca (Figura 7.3c).



**Figura 7.2** - Correlações entre controle visual com densidade de plantas daninhas dicotiledôneas aos 7 (a) e aos 14 (b) DAT. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.



**Figura 7.3** - Correlações entre controle visual com densidade (a) e massa seca (b) e entre densidade com massa seca (c) de plantas daninhas dicotiledôneas, ambas avaliadas aos 21 DAT. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

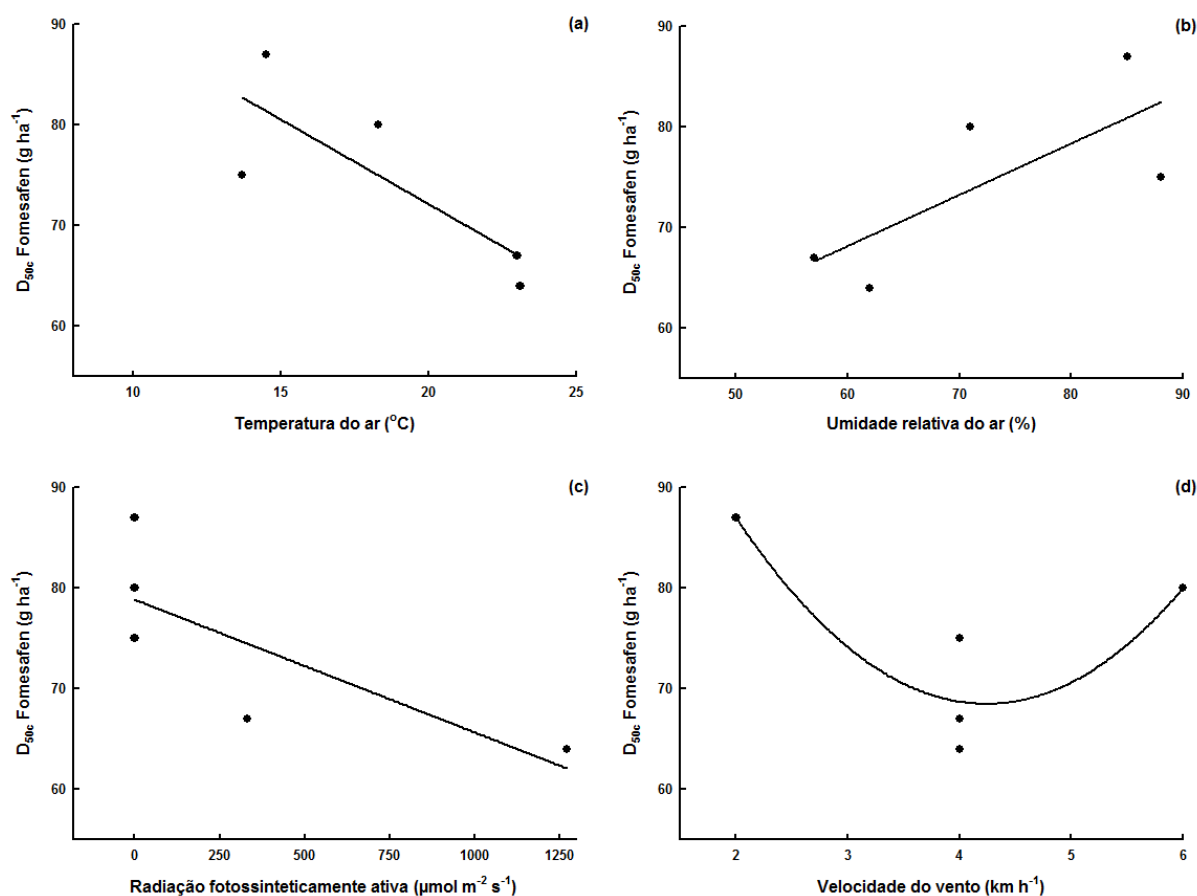
Através do controle visual das plantas daninhas foi possível correlacionar a eficácia (obtida com o valor de  $D_{A50c}$ ) de fomesafen com as variáveis ambientais em todas as datas de avaliação. No caso da massa seca das infestantes, as correlações foram realizadas na única data de avaliação dessa variável (21 DAT). Apesar de ser avaliada nas mesmas datas do controle visual, a densidade das plantas daninhas não apresentou interação significativa entre horários de aplicação e doses do herbicida aos 3 e 7 DAT. Desse modo, as correlações entre essa variável com as variáveis ambientais iniciam a partir dos 14 DAT. Após tal data de avaliação, a eficácia do herbicida obtida com essa variável de controle também foi correlacionada com as variáveis ambientais. Em todas as datas de avaliação foi possível correlacionar a eficácia do controle visual com as variáveis ambientais. Mas, para densidade das infestantes, aos 7 e 14 DAT, o herbicida aplicado em alguns horários não resultaram  $D_{A50d}$ . Por isso, as correlações entre densidade das plantas daninhas e as variáveis ambientais foram realizadas somente após os 14 DAT.

De maneira geral, correlações não significativas ( $P > 0,25$ ) foram encontradas entre a  $D_{A50c}$  com as variáveis ambientais, principalmente nas três primeiras datas de avaliação do controle visual (Tabela 7.2). Somente a temperatura do ar, aos 14 DAT, mostrou correlação ( $P = 0,10$ ) negativa com a  $D_{A50c}$ . Aumento dessa variável ambiental significou incremento da eficácia de fomesafen no controle das infestantes (Figura 7.4a).

Exceção entre as baixas correlações já citadas pode ser constada para a velocidade do vento que se correlacionou ( $P < 0,10$ ) negativamente com a  $D_{A50c}$  aos 3 DAT (Tabela 7.2). Até essa data de avaliação, aumento da velocidade do vento foi acompanhado por acréscimo da eficácia do herbicida. Aos 7 DAT, essa correlação tornou-se positiva, o que indica redução da eficácia de fomesafen com o aumento da velocidade do vento (Tabela 7.2). Nas duas últimas datas de avaliação do controle visual houve ajuste quadrático para tal correlação (Tabela 7.2). Isso aponta para a existência de uma faixa de velocidades do vento que maximiza a eficácia do herbicida, sendo que valores abaixo ou acima desse ótimo ( $\sim 4 \text{ km h}^{-1}$ , obtida aos 21 DAT) aumentam a  $D_{A50c}$  (Figura 7.4d).

Aos 21 DAT, a radiação fotossinteticamente ativa também mostrou-se capaz de reduzir a  $D_{A50c}$ . Em outras palavras, o incremento da luminosidade aumentou a eficácia de fomesafen (Tabela 7.2 e Figura 7.4c). Na mesma data de avaliação do controle visual houve correlação ( $P = 0,15$ ) positiva entre  $D_{A50c}$  com a

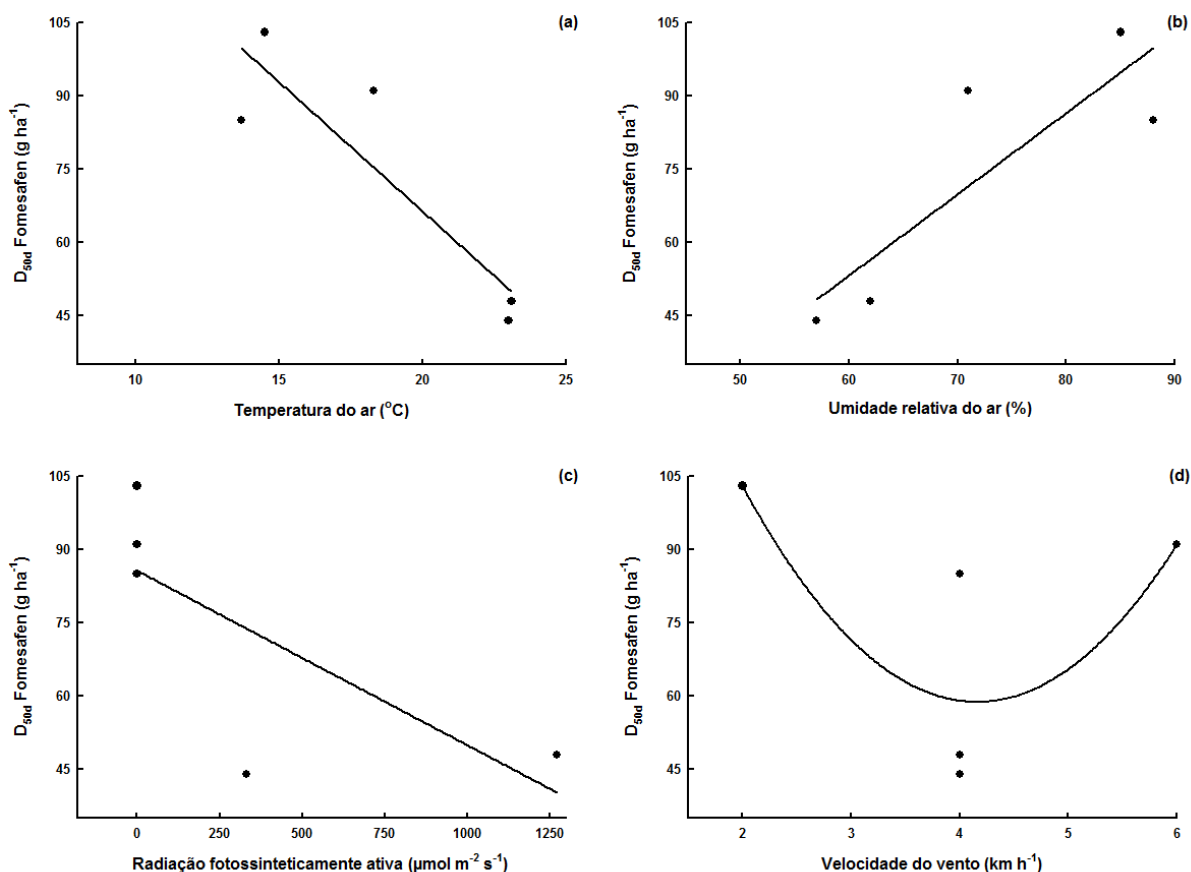
umidade relativa do ar (Tabela 7.1). Nesse caso, o aumento da umidade relativa do ar aumentou a  $D_{A50c}$  (Figura 7.4b). A elevada correlação ( $P < 0,01$ ) existente entre temperatura do ar e umidade relativa do ar (Figura 7.1a e Tabela 7.2) possivelmente contribuiu para esse resultado.



**Figura 7.4** - Correlações entre  $D_{A50c}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). Controle visual avaliado aos 21 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

As outras variáveis utilizadas para determinar a eficácia de fomesafen no controle das plantas daninhas dicotiledôneas (densidade e massa seca das infestantes) apresentaram correlações bem similares com aquelas observadas entre  $D_{A50c}$  com as variáveis ambientais. As correlações entre temperatura do ar e a umidade relativa do ar com a  $D_{A50d}$  ou  $D_{A50m}$  foram distintas (Tabela 7.2). Ambas as doses para redução de 50% do valor da assíntota máxima de redução da densidade

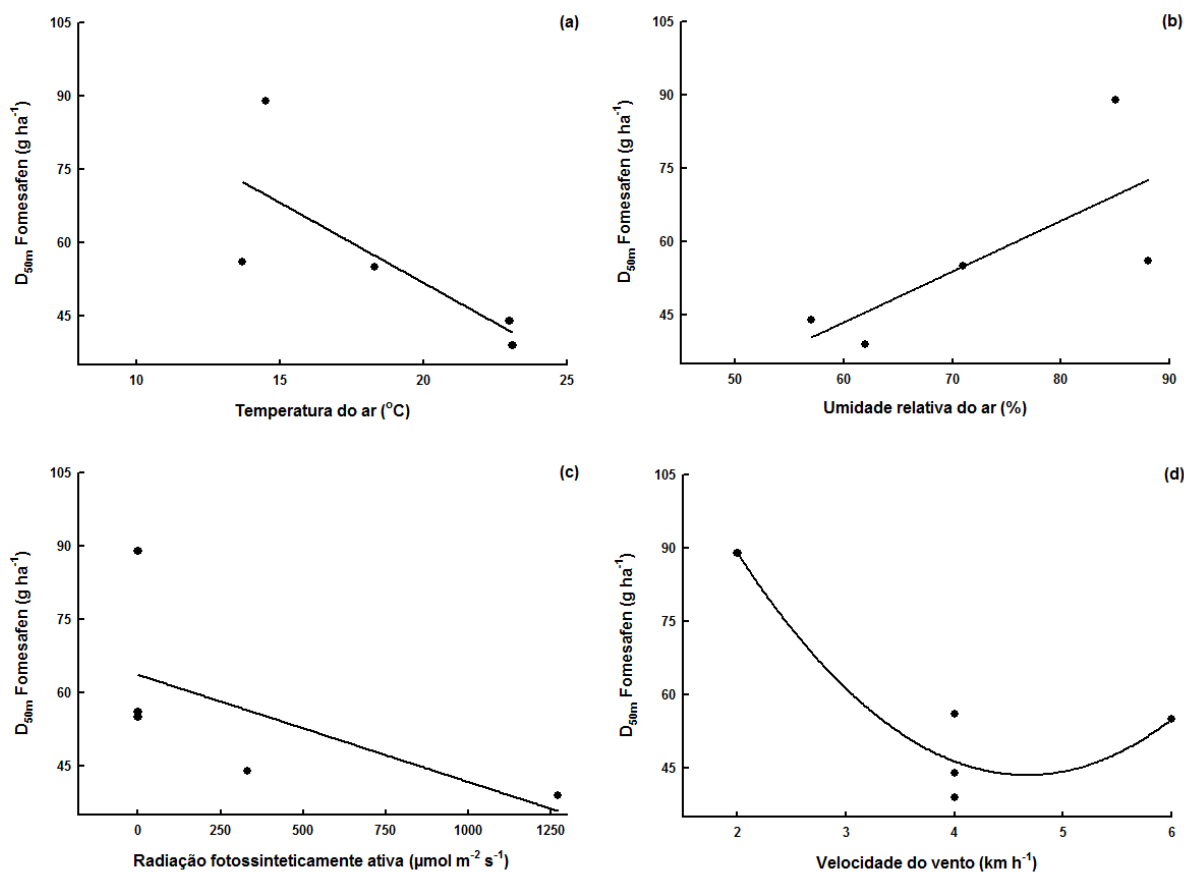
ou da massa seca das plantas infestantes foram reduzidas com o aumento da temperatura do ar (Figuras 7.5-7.6a). De maneira inversa, elevação da umidade relativa do ar representou acréscimo da  $D_{A50d}$  (14 e 21 DAT) e da  $D_{A50m}$  (Figuras 7.5-7.6b).



**Figura 7.5** - Correlações entre  $D_{A50d}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). Densidade das infestantes avaliada aos 21 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

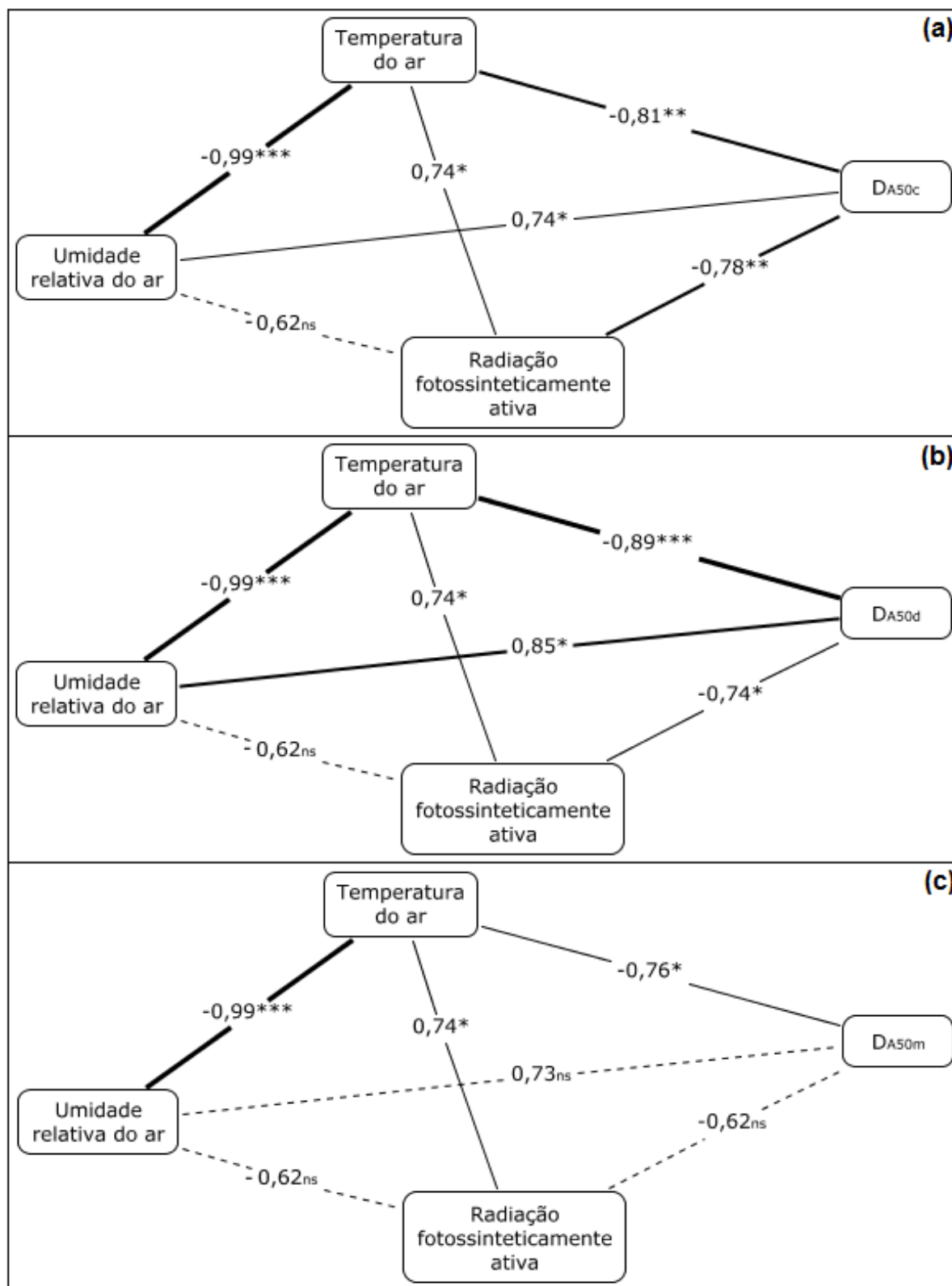
De forma análoga para a  $D_{A50c}$ , a  $D_{A50d}$  sofreu decréscimo com o aumento da luminosidade, tanto aos 14 como aos 21 DAT (Tabela 6.2 e Figura 7.5c). No entanto, não houve correlação ( $P > 0,25$ ) entre  $D_{A50m}$  e a radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 7.2 e Figura 7.6c). A velocidade do vento continuou apresentando ajuste quadrático com a  $D_{A50d}$  e a  $D_{A50m}$  (Tabela 7.2 e Figuras 7.5d-7.6d). Por exemplo, a velocidade do vento ótima para reduzir a  $D_{A50m}$  situou-se entre

4 e 5 km h<sup>-1</sup> (4,24 e 4,65 para controle visual e massa seca das infestantes, respectivamente).



**Figura 7.6** - Correlações entre  $D_{A50m}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). Massa seca das infestantes avaliada aos 21 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. Equações na Tabela 7.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

As variáveis ambientais correlacionam entre si e juntas influenciaram o desempenho de fomesafen (Figura 7.7). Os mapas conceituais buscam “vias” com maior significância (linhas mais espessas) que expliquem o desempenho do herbicida nas plantas daninhas. Nos mapas estão apresentados os coeficientes das correlações de cada variável sobre a outra e dessas sobre  $D_{A50c}$  (Figura 7.7a),  $D_{A50d}$  (Figura 7.7b) e  $D_{A50m}$  (Figura 7.7c).



**Figura 7.7** - Mapas conceituais com os coeficientes de correlações entre variáveis ambientais (umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação fotossinteticamente ativa) com  $D_{A50c}$  (a),  $D_{A50d}$  (b) e  $D_{A50m}$  (c). Controle visual e densidade e massa seca das infestantes avaliadas aos 21 DAT; variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011. Linhas tracejadas indicam ausência de significância ( $P > 0,15$ ) e linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância, conforme: \* ( $P < 0,15$ ), \*\* ( $P < 0,10$ ) e \*\*\* ( $P < 0,05$ ).



## 7.4 DISCUSSÃO

A hipótese desse capítulo foi de que as alterações das variáveis ambientais durante o dia influenciam o desempenho de fomesafen no controle de plantas daninhas de folha larga. De fato, as variáveis ambientais modificaram-se conforme o horário de aplicação do herbicida (Tabela 7.1) e, além disso, interagiram entre si (Figura 7.1) e o resultado dessa interação foi responsável pela eficácia de fomesafen nas infestantes.

Baseado nos resultados dos capítulos anteriores (2, 3 e 6), pode-se afirmar que, em condição de campo como é o caso desse experimento, uma determinada variável ambiental ou morfológica (como foi o caso do Capítulo 3) pode exercer maior influência sobre o desempenho do herbicida, mas depende que outras variáveis também sejam adequadas para expressar seu efeito. Em resumo, a eficácia do herbicida no controle das plantas daninhas é favorecida em situações nas quais não existe nenhum fator limitante para tal. Isso é comprovado pelo fato de haver diferenças na eficiência do produto quando esse é aspergido em diferentes horários de aplicação (Capítulos 2 e 6).

As três variáveis ambientais de maior efeito sobre a eficácia de herbicidas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação fotossinteticamente ativa) interagiram entre si durante o dia nesse experimento: horários noturnos de aplicação (ausência de luz) tinham baixas temperaturas do ar e elevada umidade relativa do ar; e, durante o dia, a temperatura do ar aumentou e foi acompanhada por decréscimo da umidade relativa do ar e por acréscimo da luminosidade (Tabela 7.1 e Figura 7.1a-c).

Assim que o efeito da infestação inicial em manchas nas parcelas foi superado pelas diferenças entre os tratamentos, como já mencionado anteriormente nesse capítulo, houve elevada correlação entre as três variáveis de controle das infestantes (Tabela 7.2 e Figuras 7.2-7.3). Isso gerou robustez na análise dos resultados pelo fato de que o controle visual foi acompanhado por redução da densidade e da massa seca das infestantes, de modo que todas essas variáveis explicam o desempenho do herbicida.

Em várias ocasiões, aumento da temperatura do ar incrementou a eficácia de fomesafen no controle das plantas daninhas (Tabela 7.2 e Figuras 7.4-

7.6a). Da mesma forma, incremento da radiação fotossinteticamente ativa também foi capaz de reduzir a  $D_{A50}$  em algumas situações (Tabela 7.2 e Figuras 7.4-7.5c). Esses resultados confirmam o maior desempenho de fomesafen quando esse foi aplicado nos horários das 11:00h e das 16:00h (Figura 6.8, entre outros resultados), os quais apresentavam as maiores temperaturas do ar e luminosidade no momento da aplicação dos tratamentos (Tabela 7.1).

Como foi mencionado na introdução desse capítulo, o aumento da temperatura do ar, até certo limite, favorece a eficácia dos herbicidas inibidores da PROTOX. Nessa condição, a composição da cutícula da planta daninha é alterada em favor de uma maior absorção do produto (menor quantidade de cera epicuticular na folha) (HATTERMAN-VALENTI; PITY; OWEN, 2011). O metabolismo da infestante também é ampliado, beneficiando a fotossíntese e, conseqüentemente, provavelmente deve favorecer a atividade do herbicida na planta (MEROTTO JR. e VIDAL, 2001).

Várias vezes, nesse e no capítulo anterior, a importância da luminosidade no desempenho de fomesafen (assim como os demais herbicidas inibidores da PROTOX) foi mencionada. No citoplasma celular, a combinação de protoporfirina IX e oxigênio molecular necessita de luz para gerar oxigênio singleto e, conseqüentemente, ocorrer a peroxidação lipídica. Dessa forma, aplicação desses herbicidas sob condições de ausência ou reduzida luminosidade resulta na produção de menores quantidades de radicais livres, diminuindo os efeitos nocivos dos produtos nas plantas em comparação com situações de luminosidade ideal.

Na introdução desse capítulo, o acréscimo da umidade relativa do ar foi exemplificado para ampliar a eficácia dos herbicidas inibidores da PROTOX. De fato, nessa condição, há maior hidratação da cutícula e elevação da atividade metabólica das plantas, resultando em maior absorção e translocação do produto, respectivamente (RAMSEY; STEPHENSON; HALL, 2005). Entretanto, umidade relativa do ar elevada melhora o desempenho do herbicida desde que outras variáveis ambientais sejam adequadas. Nesse experimento, umidade relativa do ar aumentou a  $D_{A50}$  de fomesafen (Tabela 7.2 e Figuras 7.4-7.6b), porém, a interação entre essa variável com temperatura do ar (Figura 7.1a) e com radiação fotossinteticamente ativa (Figura 7.1d) certamente influenciou esse resultado. Desse modo, horários de aplicação das 02:00h, 06:00h e 21:00h apresentaram condições adequadas de umidade relativa do ar no momento da aspersão (Tabela 7.1), no

entanto isso não foi o suficiente para aumentar a eficácia de fomesafen, provavelmente em decorrência de outras variáveis ambientais serem limitantes no momento da realização dos tratamentos, tais como baixa temperatura do ar e ausência de luminosidade.

Variáveis ambientais influenciaram grandemente a eficácia de fomesafen no controle das plantas daninhas dicotiledôneas. Dentre essas, temperatura do ar e luminosidade favoreceram o desempenho do herbicida. A interação entre essas duas variáveis também afetou a atividade do herbicida no controle das infestantes (Figura 7.7).

## 7.5 CONCLUSÕES

Aplicação de fomesafen em horários com elevadas temperatura do ar e irradiância favorecem a ação do herbicida no controle das infestantes de folha larga. Isso foi comprovado pela influência significativa que essas duas variáveis tiveram sobre as variáveis de controle das plantas daninhas.

## 8 TOXICIDADE DE FOMESAFEN EM PLANTAS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E DE DOSES DO HERBICIDA

### 8.1 INTRODUÇÃO

O sucesso da utilização de herbicidas no controle das plantas daninhas depende, entre outros fatores, da capacidade das plantas cultivadas se protegerem dos efeitos potencialmente fitotóxicos desses produtos. Através dessa seletividade é possível que herbicidas sejam usados na eliminação de infestantes, mesmo que essas apresentem características taxonômicas próximas as da cultura.

As diferenças de detoxificação do produto entre plantas cultivadas e daninhas é o mecanismo de seletividade mais importante dos herbicidas inibidores da PROTOX (MEROTTO e VIDAL, 2001). As culturas detoxificam rapidamente o herbicida por reações oxidativas ou hidrolíticas (transformação), seguidas por conjugação com açúcares ou peptídeos e sequestração vacuolar (compartimentação). Quando ocorrem nas plantas infestantes, essas reações de desintoxicação acontecem de maneira muito lenta (CATANEO e CARVALHO, 2008). Alternativamente, enzimas que aliviam o estresse oxidativo são capazes de minimizar o efeito dos herbicidas inibidores da PROTOX nas plantas (GULLNER e DODGE, 2000; GEOFFROY et al., 2002; SUGIYAMA e SEKIYA, 2005; JUNG et al., 2008).

A cultura do feijão pode sofrer intoxicação por fomesafen (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005; WILSON, 2005; SOLTANI et al., 2006). Condições ambientais afetam a eficácia desse herbicida no controle das plantas daninhas e também podem influenciar na fitotoxicidade do produto. Esse capítulo teve como objetivos gerais verificar a influência do horário de aplicação de doses de fomesafen sobre a toxicidade do produto nas plantas de feijão e o impacto de variáveis ambientais na seletividade desse herbicida à cultura.

## 8.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos em nível de campo foram desenvolvidos na área experimental do curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco, PR. As coordenadas geográficas do local, bem como as características de clima e de solo são as mesmas descritas no Capítulo 2 dessa dissertação.

Os resultados desse capítulo são oriundos dos dois experimentos a campo realizados para essa dissertação. No primeiro experimento, as plantas de feijão receberam a aplicação de fomesafen juntamente com fluazifop-p-butyl na mistura comercial do produto (Robust, Syngenta). No segundo experimento, a aplicação de fomesafen sobre o feijoeiro foi realizada somente com fomesafen (Flex, Syngenta), devido a presença apenas de plantas daninhas dicotiledôneas nesse experimento.

O preparo da área, delineamento experimental, tratamentos, semeadura, tratos culturais e aplicação dos tratamentos desempenhados no primeiro experimento são os mesmos descritos no Capítulo 2 e no segundo experimento são aqueles já expostos no Capítulo 6. Vale ressaltar que houve algumas diferenças (cultivar e estágio de desenvolvimento do feijoeiro e doses do herbicida, por exemplo) entre os dois experimentos. Com isso, mesmo com avaliação da fitotoxicidade em algumas datas similares nos dois experimentos, não foi possível a análise conjunta dos experimentos. Dessa forma, os dados oriundos de cada experimento foram analisados separadamente.

A toxicidade de fomesafen às plantas de feijão foi avaliada aos 7 e 20 DAT no primeiro experimento e com 3, 7, 14 e 21 DAT no segundo experimento. Para isso foi realizada análise visual de acordo com a escala de avaliação de injúrias de herbicidas em plantas proposta por Camper (1986), na qual as notas variam de 0 a 100% (nenhuma injúria até destruição total da cultura, respectivamente).

Os dados de fitotoxicidade foram submetidos à análise de variância, assumindo 25% de probabilidade de erro para a interação entre os fatores (horário de aplicação e doses de fomesafen). Havendo interação, curvas de dose-resposta do produto foram obtidas em cada horário de aplicação, de acordo com a curva de maior ajuste, realizado através do programa computacional SigmaPlot 11.0. A

comparação entre os horários de aplicação foi realizada analisando os parâmetros das equações obtidas em cada curva e seus respectivos valores de erro padrão. A partir da equação ajustada, aos 7 DAT e em cada experimento, foi calculada a dose de fomesafen que ocasiona 15% de fitointoxicação ( $D_{15f}$ ). Utilizou-se intervalo de confiança (5%) para comparação dessa variável, obtida nos diferentes horários de aplicação.

As variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento) medidas no momento da aplicação dos tratamentos foram correlacionadas entre si. Posteriormente, cada variável ambiental foi correlacionada com a fitotoxicidade, utilizando a  $D_{15f}$  obtida em cada horário de aplicação de fomesafen em cada experimento. Nessas correlações, foi usado o conjunto de dados (10) provenientes de ambos os experimentos.

Um mapa conceitual foi elaborado com os coeficientes das correlações entre cada uma das variáveis ambientais e dessas com a fitotoxicidade ( $D_{15f}$ ), a fim de encontrar “vias” que esclareçam a toxicidade do herbicida. Linhas tracejadas ligando duas variáveis indicam ausência de correlação significativa ( $P > 0,15$ ) entre essas. A espessura da linha entre duas variáveis e o número de asteriscos sobre o coeficiente da correlação entre essas aumenta de acordo com o grau de significância ( $P < 0,15$ ,  $P < 0,10$  e  $P < 0,01$ ).

### 8.3 RESULTADOS

Em todos os períodos de avaliação da fitotoxicidade, para ambos os experimentos, houve interação entre horário de aplicação e dose do herbicida. Isso significa que as injúrias ocasionadas por fomesafen nas plantas do feijoeiro variaram conforme o horário do dia em que o produto foi aspergido.

No primeiro experimento, quando avaliado aos 7 DAT, a assíntota máxima de fitotoxicidade foi maior quando fomesafen foi aplicado às 11:00h e às 16:00h, diferindo estatisticamente dos valores de assíntota máxima obtidos pelos horários noturnos de aplicação (02:00h e 21:00h) (Tabela 8.1 e Figura 8.1). Nessa mesma data de avaliação, os valores de  $D_{A50f}$  dos horários de aspersão das 11:00h

e das 16:00h foram numericamente menores em comparação aos obtidos nos demais horários (Tabela 8.1). No entanto, não foi observada diferença estatística para esse parâmetro da equação.

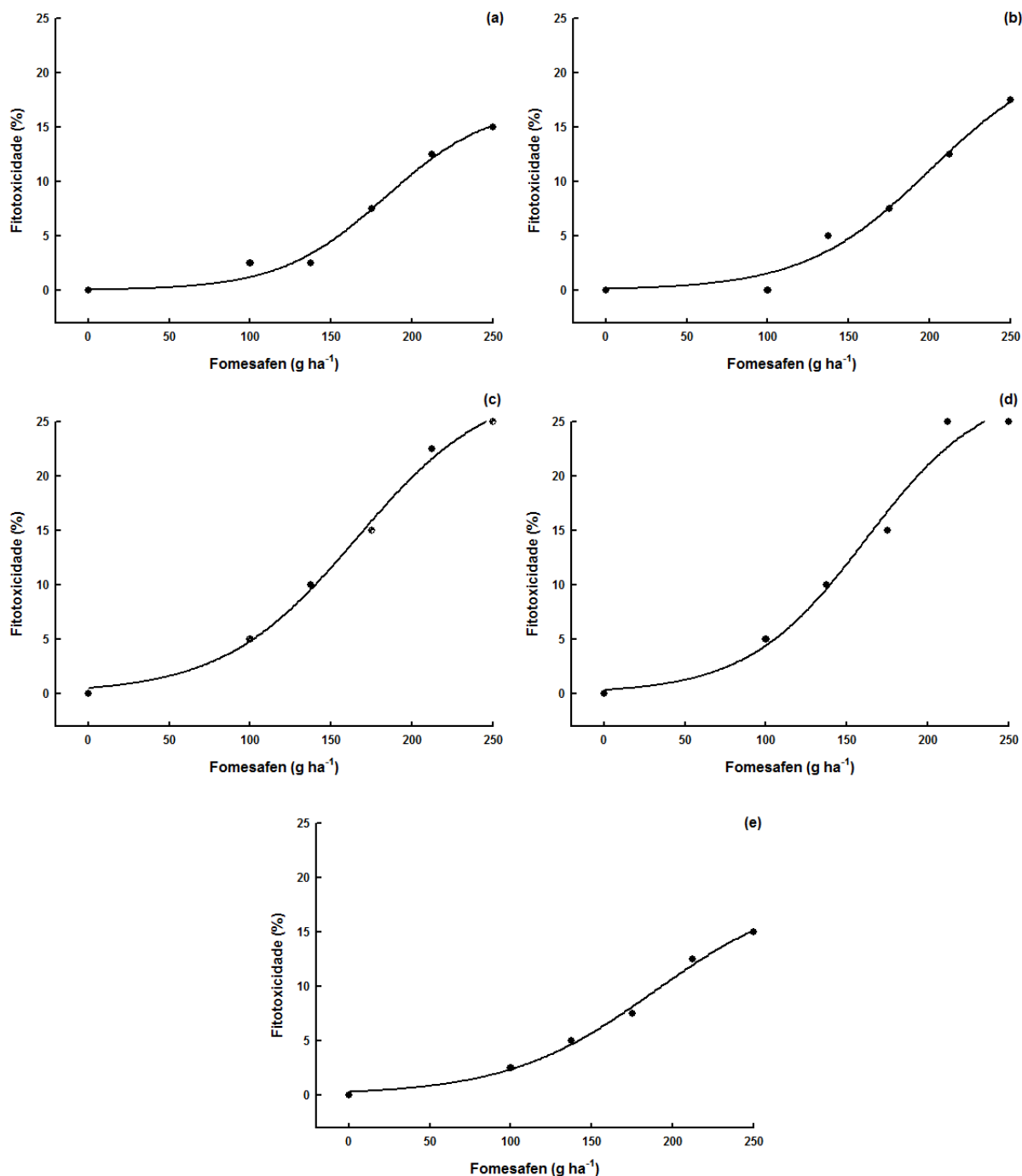
**Tabela 8.1** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem a toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, quando aplicado em diversas doses, em função dos horários de aplicação, avaliada em dois períodos após a aspersão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>			R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	D <sub>A50f</sub> (ep)	b (ep)		
7 DAT					
02:00 horas	17 (2)	183 (13)	33 (8)	0,99	<0,01
06:00 horas	22 (6)	200 (25)	39 (12)	0,98	<0,01
11:00 horas	29 (2)	166 (9)	41 (6)	0,99	<0,01
16:00 horas	28 (4)	162 (14)	37 (10)	0,98	<0,01
21:00 horas	19 (2)	188 (15)	45 (7)	0,99	<0,01
20 DAT					
02:00 horas	5 (1)	119 (20)	38 (21)	0,93	0,02
06:00 horas	9 (2)	182 (22)	26 (15)	0,93	0,02
11:00 horas	7 (2)	120 (31)	45 (31)	0,90	0,03
16:00 horas	19 (2)	167 (9)	29 (7)	0,99	<0,01
21:00 horas	6 (1)	164 (25)	31 (18)	0,92	0,02

<sup>a</sup> Sigmoidal com 3 parâmetros:  $y=A/(1+\exp(-(d-D_{A50f})/b))$ , onde A= assíntota máxima de fitotoxicidade; d= dose de fomesafen; D<sub>A50f</sub>= dose que confere 50% do valor da assíntota máxima; b= declividade da curva.

<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.

Ainda no primeiro experimento, a avaliação no feijoeiro realizada aos 20 DAT indicou, de maneira geral, que os sintomas das injúrias ocasionadas pelo herbicida às plantas de feijão sofreram redução em relação à primeira data de avaliação (Figura 8.2). Quando aspergido às 16:00h, fomesafen continuou a provocar maior intoxicação ao feijoeiro comparado com a aplicação nos demais horários do dia (Tabela 8.1). Aspersão do produto nos horários das 02:00h e das 11:00h resultou em menores valores de D<sub>A50f</sub> em relação aqueles obtidos pela aplicação às 06:00h e às 16:00h (Tabela 8.1).



**Figura 8.1** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 7 DAT. Equações na Tabela 8.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

No segundo experimento, aos 3 DAT, a assíntota máxima de fitotoxicidade foi menor quando fomesafen foi aplicado nos horários noturnos (02:00h e 21:00h) em comparação com os horários diurnos (06:00h, 11:00h e 16:00h) (Tabela 8.2 e Figura 8.3). Quando aspergido nos horários noturnos,



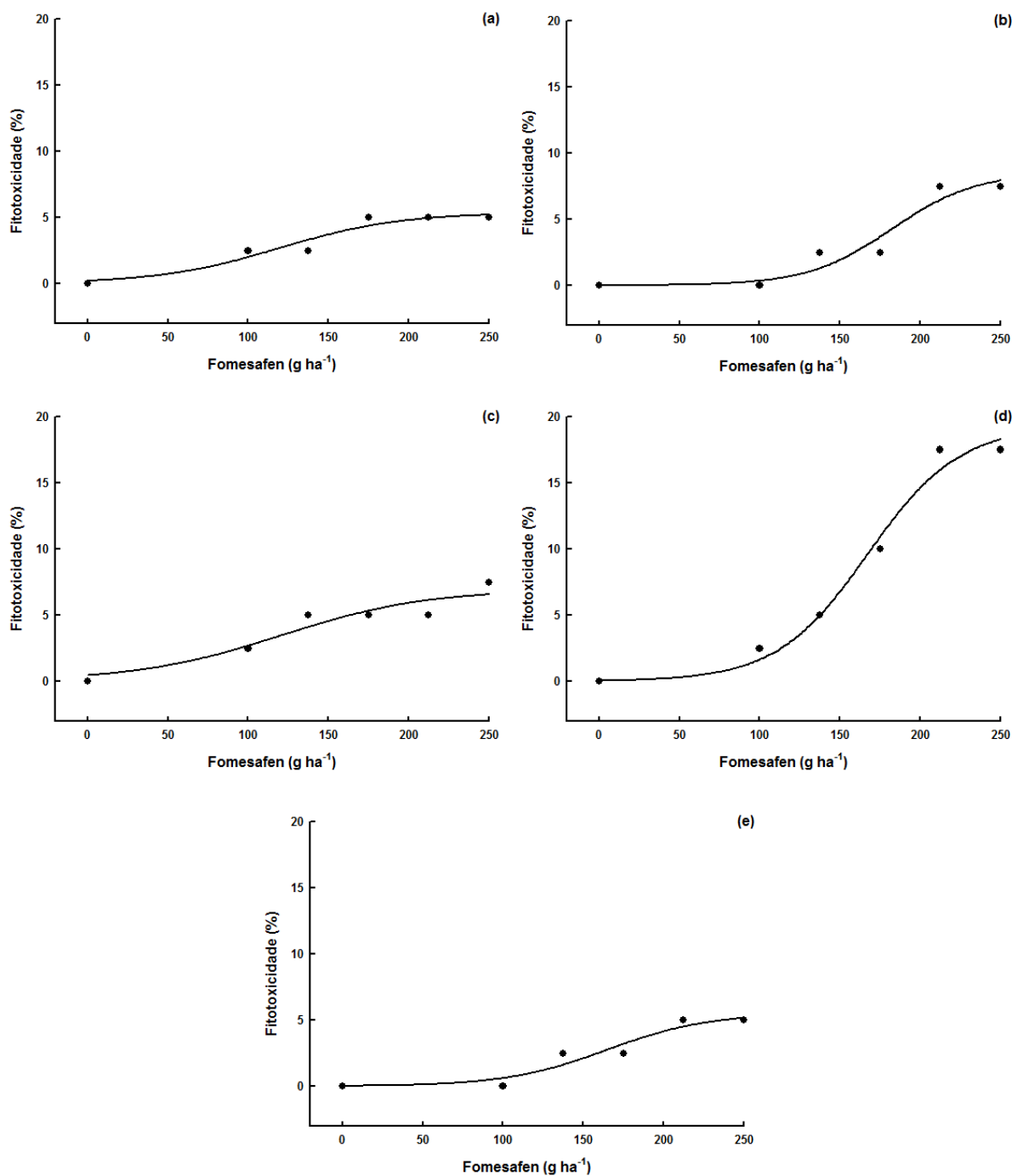
fomesafen provocou intoxicação máxima no feijoeiro próxima de 10% e nos demais horários de aplicação a injúria causada pelo herbicida esteve próxima do dobro desse valor (Figura 8.3). Na mesma data de avaliação, a menor  $D_{A50f}$  ( $91 \pm 17 \text{ g ha}^{-1}$ ) de fomesafen foi encontrada quando o herbicida foi aspergido às 16:00h (Figura 8.3d). Esse valor diferiu estatisticamente das  $D_{A50f}$  obtidas nos horários de aplicação das 06:00h e das 21:00h (Tabela 8.2).

**Tabela 8.2** - Estimativas dos parâmetros das equações que descrevem a toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, quando aplicado em diversas doses, em função dos horários de aplicação, avaliada em quatro períodos após a aspersão. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Horário	Parâmetro da equação <sup>a</sup>			R <sup>2</sup>	P
	A (ep <sup>b</sup> )	$D_{A50f}$ (ep)	b (ep)		
3 DAT					
02:00 horas	11 (3)	124 (44)	59 (31)	0,93	0,02
06:00 horas	28 (9)	193 (49)	67 (19)	0,98	<0,01
11:00 horas	24 (5)	135 (30)	54 (21)	0,96	0,01
16:00 horas	18 (2)	91 (17)	28 (17)	0,92	0,02
21:00 horas	10 (3)	163 (45)	55 (25)	0,95	0,01
7 DAT					
02:00 horas	15 (3)	115 (26)	37 (23)	0,90	0,03
06:00 horas	16 (2)	138 (17)	25 (14)	0,94	0,02
11:00 horas	21 (1)	87 (11)	33 (10)	0,97	<0,01
16:00 horas	21 (1)	88 (12)	11 (9)	0,96	0,01
21:00 horas	9 (1)	94 (12)	19 (9)	0,95	0,01
14 DAT					
02:00 horas	9 (1)	202 (8)	26 (5)	0,99	<0,01
06:00 horas	6 (1)	161 (15)	12 (11)	0,95	0,01
11:00 horas	22 (2)	133 (11)	43 (9)	0,99	<0,01
16:00 horas	17 (2)	125 (14)	36 (12)	0,98	<0,01
21:00 horas	6 (1)	161 (15)	12 (11)	0,95	0,01
21 DAT					
02:00 horas	-	-	-	-	-
06:00 horas	-	-	-	-	-
11:00 horas	43 (96)	290 (234)	63 (38)	0,96	0,01
16:00 horas	12 (2)	190 (17)	41 (9)	0,99	<0,01
21:00 horas	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Sigmoidal com 3 parâmetros:  $y=A/(1+\exp(-(d-D_{A50f})/b))$ , onde A= assíntota máxima de fitotoxicidade; d= dose de fomesafen;  $D_{A50f}$ = dose que confere 50% do valor da assíntota máxima; b= declividade da curva.

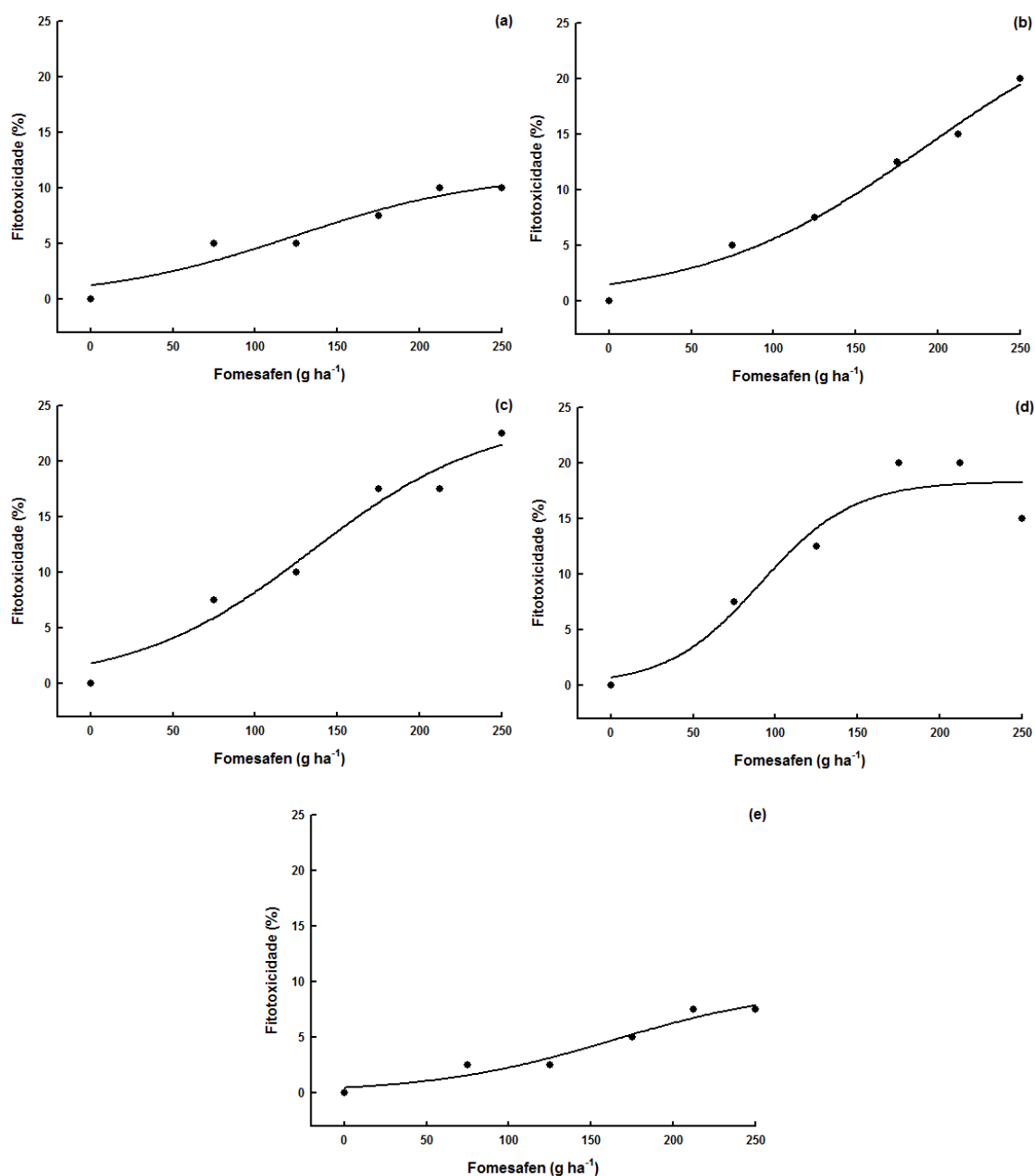
<sup>b</sup> Em parênteses o erro padrão da estimativa do parâmetro.



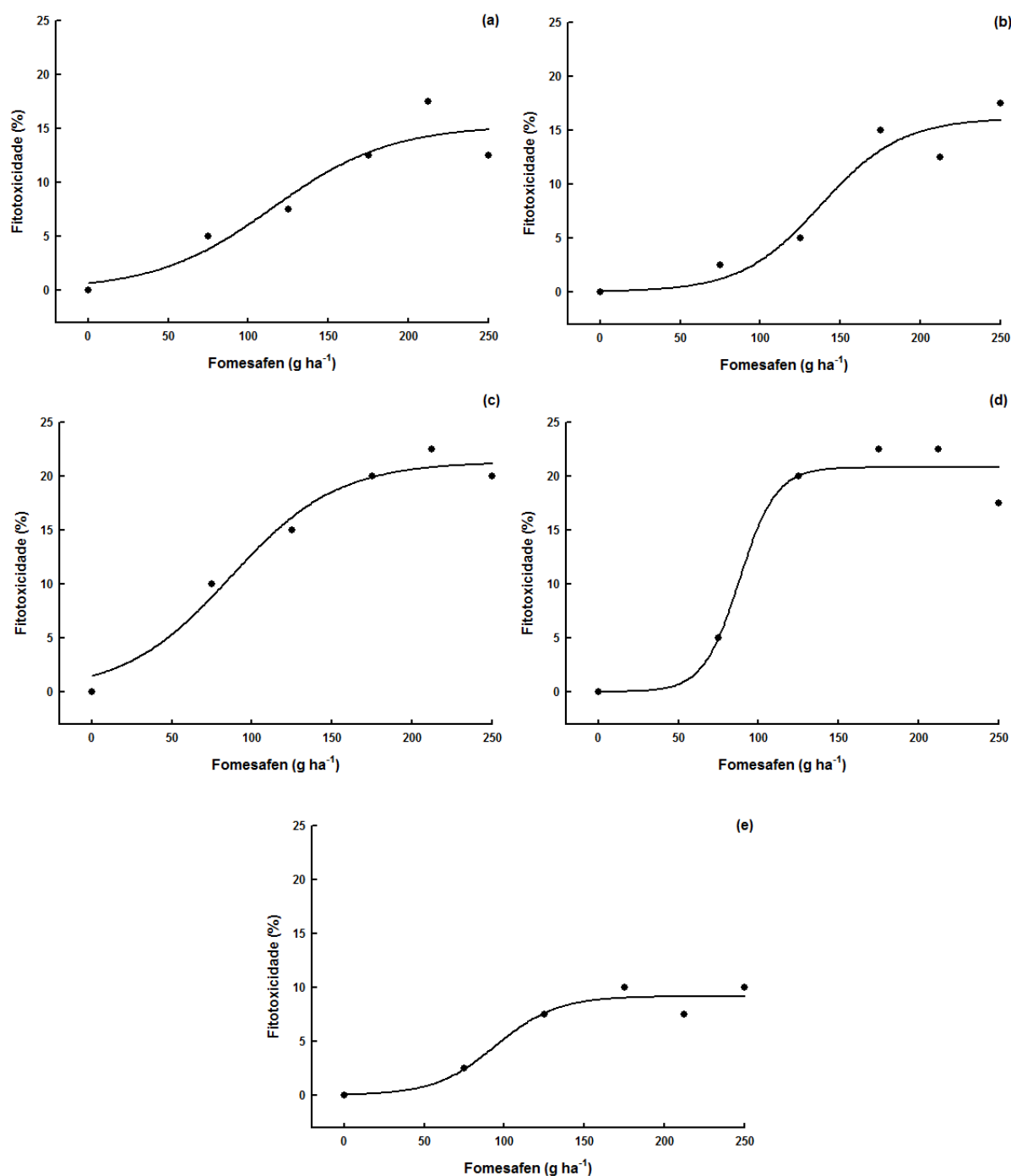
**Figura 8.2** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 20 DAT. Equações na Tabela 8.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Quando a avaliação foi realizada aos 7 DAT, fomesafen aplicado às 11:00h e às 16:00h ocasionou maior injúria (aproximadamente 20%) ao feijoeiro, quando comparado com a fitointoxicação observada quando o produto foi aplicado nos demais horários do dia (Figura 8.4). Quando o produto foi aplicado no horário

das 21:00h foi observado o menor valor de assíntota máxima de fitotoxicidade em relação a todos os outros horários de aspersão (Tabela 8.2). Nessa mesma data de avaliação, as menores  $D_{A50f}$  foram encontradas quando fomesafen foi aplicado nos horários das 11:00h, 16:00h e 21:00h, diferindo da  $D_{A50f}$  obtida pela aplicação do herbicida às 06:00h (Tabela 8.2).



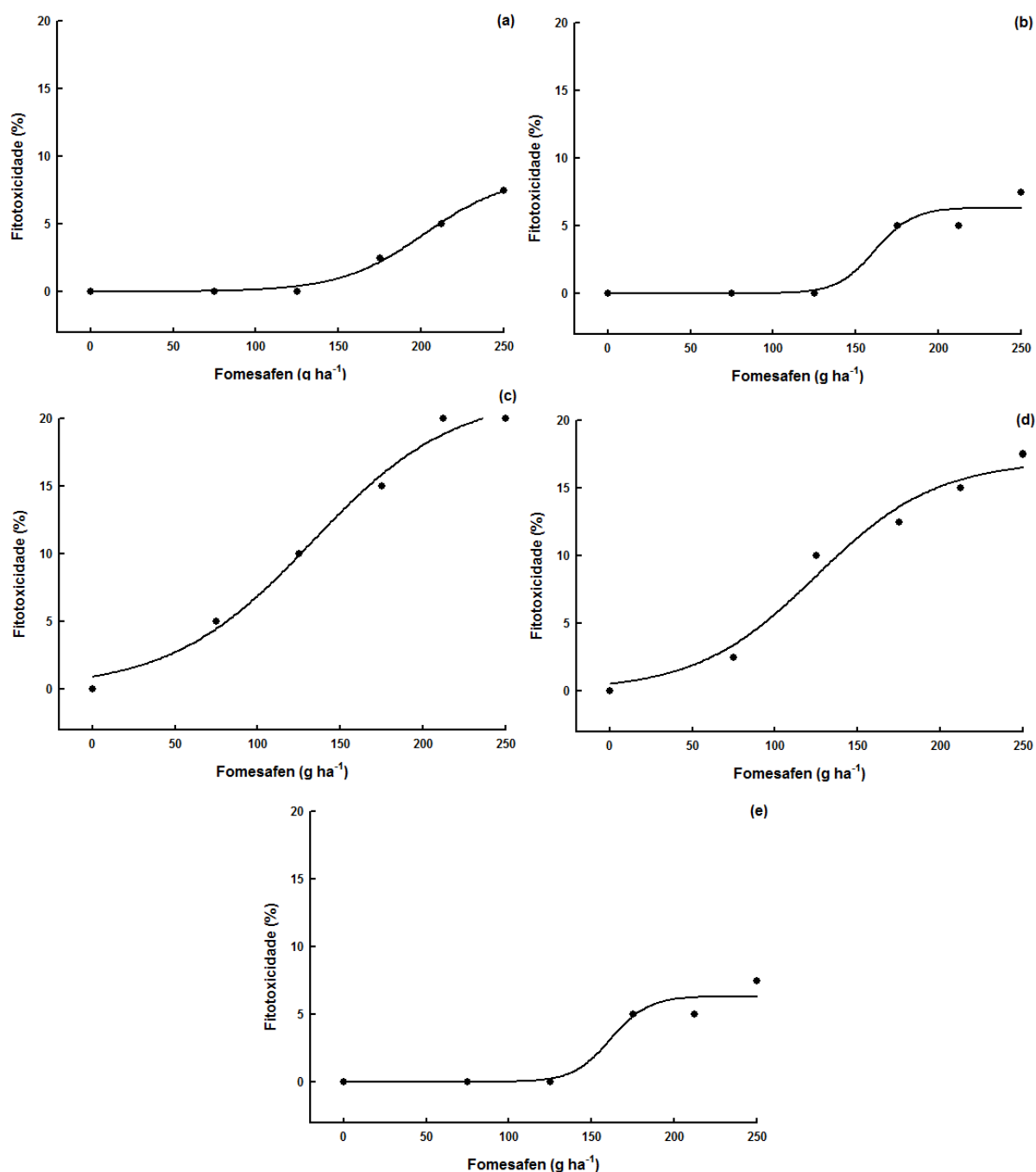
**Figura 8.3** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 3 DAT. Equações na Tabela 8.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.



**Figura 8.4** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 7 DAT. Equações na Tabela 8.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

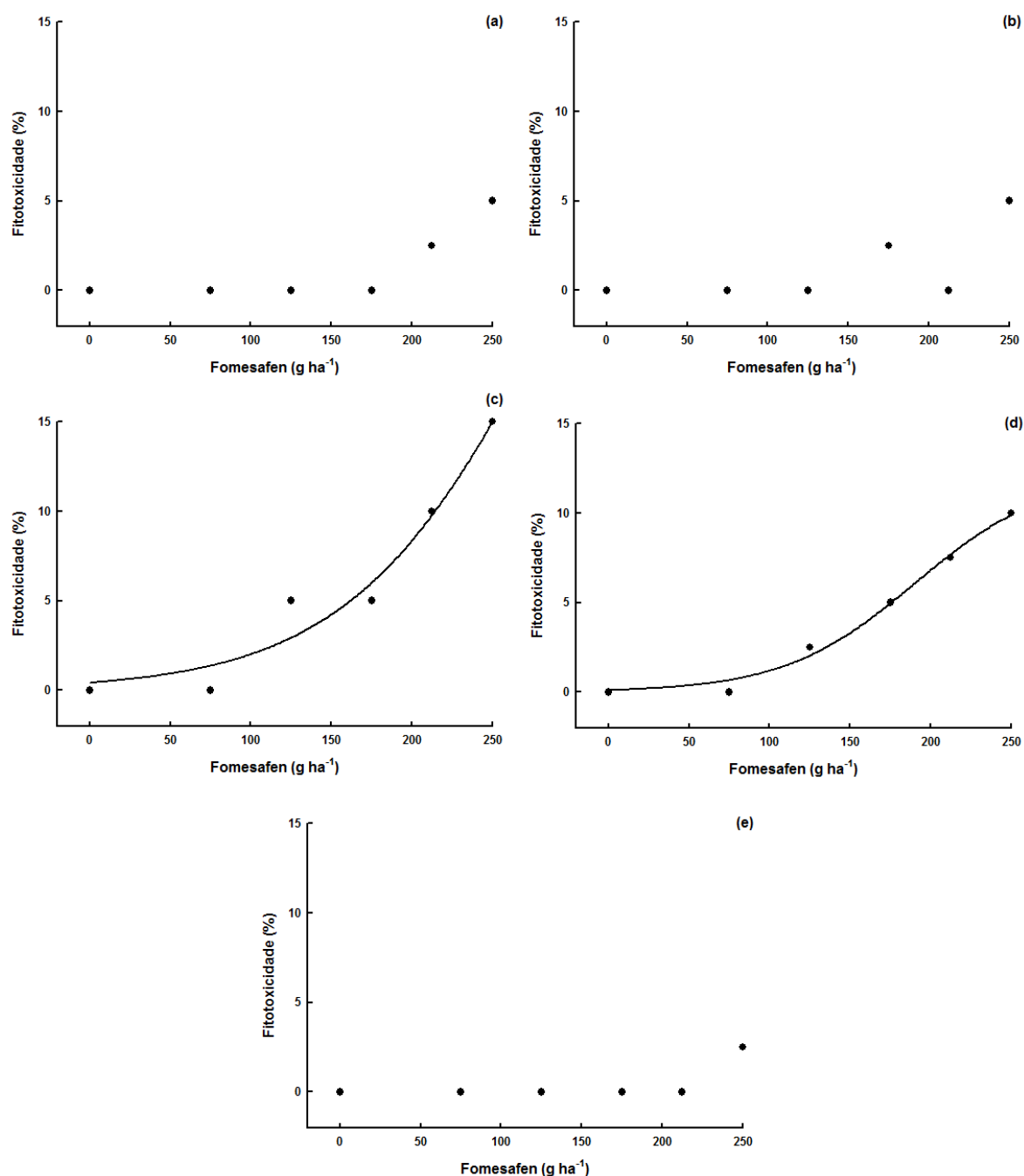
Com exceção dos horários das 11:00h e das 16:00h, a fitotoxicidade máxima de fomesafen nos demais horários de aplicação do herbicida foi reduzida aos 14 DAT em relação às avaliações anteriores (Figura 8.5). O herbicida, quando aplicado nesses dois horários, promoveu elevada fitointoxicação (maiores valores de

assíntota máxima) e também propiciou as menores  $D_{A50f}$ , quando comparado aos resultados obtidos pelos demais horários de aspersão do herbicida (Tabela 8.2). Em contraste, a maior  $D_{A50f}$  ( $202 \pm 8 \text{ g ha}^{-1}$ ) foi alcançada quando o produto foi aplicado às 02:00h (Figura 8.5a), a qual diferiu estatisticamente de todas as demais  $D_{A50f}$  obtidas pela aspersão de fomesafen nos demais horários do dia (Tabela 8.2).



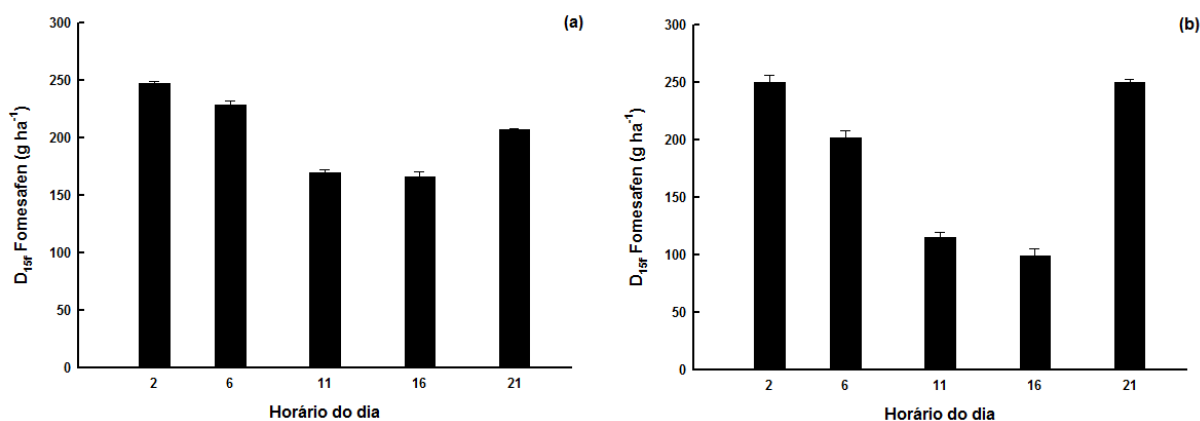
**Figura 8.5** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses ( $\text{g ha}^{-1}$ ) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 14 DAT. Equações na Tabela 8.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

Aos 21 DAT, a toxicidade ocasionada pelas doses de fomesafen nas plantas de feijão foram inexistentes ou mínimas quando a aplicação foi realizada nos horários das 02:00h, 06:00h e 21:00h (Figuras 8.6a-b e 8.6e). Ainda que em valores menores, a fitotoxicidade continuou presente quando o herbicida foi aspergido às 11:00h e às 16:00 h (Figura 8.6c-d).



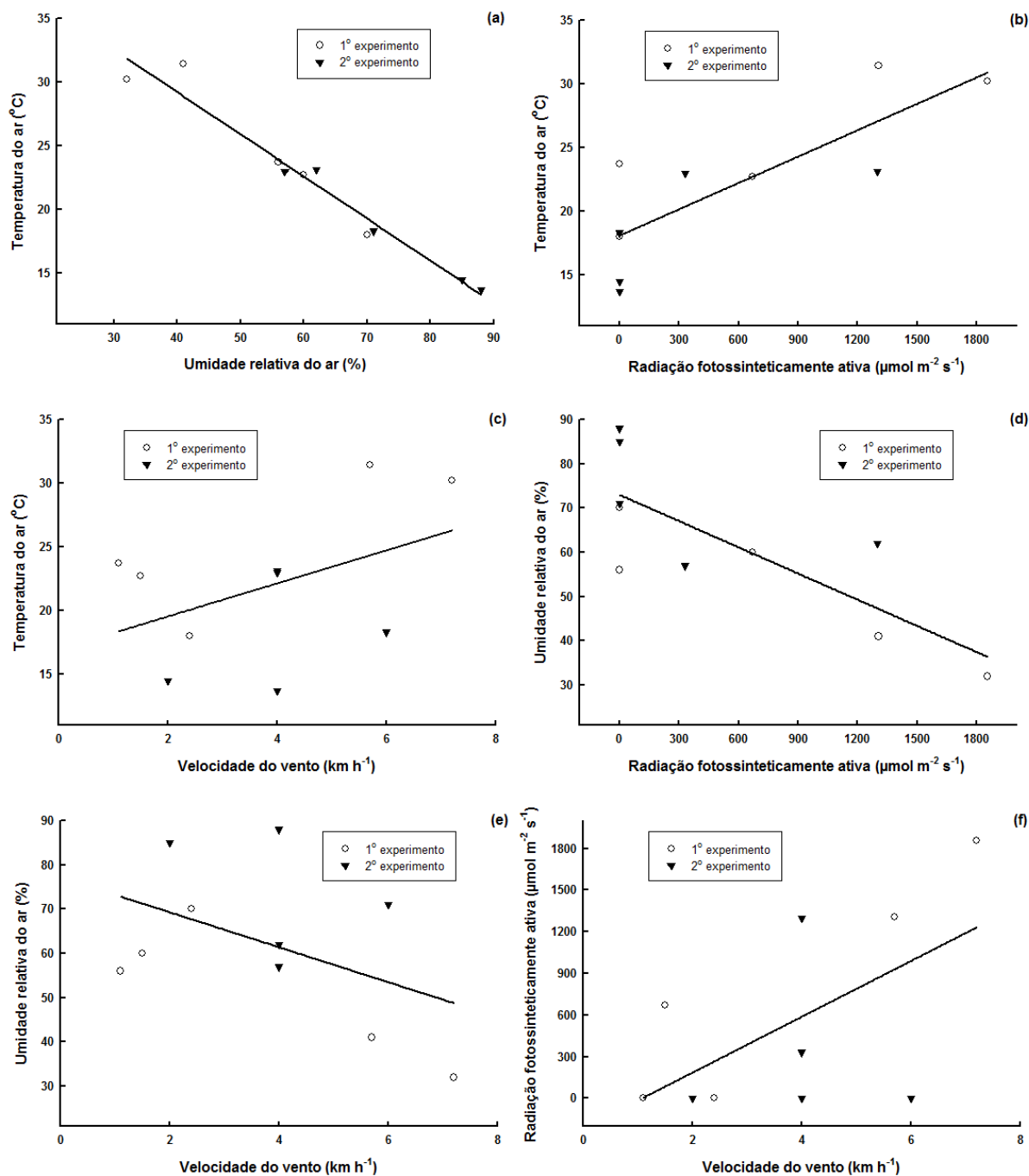
**Figura 8.6** - Toxicidade (%) de fomesafen em plantas de feijão, em função das doses (g ha<sup>-1</sup>) e dos horários de aplicação: (a) 02:00h, (b) 06:00h, (c) 11:00h, (d) 16:00h e (e) 21:00h, avaliada aos 21 DAT. Equações na Tabela 8.2. UTFPR, Pato Branco, PR, 2011.

No primeiro experimento, quando o herbicida foi aplicado nos horários mais quentes do dia (11:00h e 16:00h), em comparação com os demais horários, doses reduzidas (aproximadamente 170 g ha<sup>-1</sup>) de fomesafen já atingiram a D<sub>15f</sub> (Figura 8.7a). Fomesafen aplicado nesses dois horários do dia também apresentou os menores valores de D<sub>15f</sub> no segundo experimento (Figura 8.7b). Nesse caso, a dose para provocar 15% de fitointoxicação foi inferior em relação aquela obtida no primeiro experimento. Aplicação nos demais horários do dia somente provocou 15% de injúria no feijoeiro com doses superiores a 200 g ha<sup>-1</sup>, sendo que em algumas situações apenas a máxima dose testada no experimento ocasionou tal nível de dano nas plantas de feijão (Figura 8.7).



**Figura 8.7** - Toxicidade de fomesafen em plantas de feijão, em função dos horários de aplicação, de acordo com a dose que provoca 15% de fitointoxicação, avaliada aos 7 DAT, no experimento 1 (a) e no experimento 2 (b). UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. Barras correspondem ao intervalo de confiança ( $P < 0,05$ ) da média.

Analisadas em conjunto, as variáveis ambientais correlacionaram-se entre si e também com a D<sub>15f</sub>. Temperatura do ar correlacionou-se negativamente ( $P < 0,01$ ) com umidade relativa do ar e positivamente ( $P < 0,01$ ) com radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 8.3). Isso significa, que aumento dessa variável ambiental foi acompanhado por decréscimo da umidade relativa do ar e por incremento da luminosidade (Figura 8.8a-b, respectivamente). Além disso, temperatura do ar correlacionou-se ( $P = 0,19$ ) de maneira positiva com velocidade do vento (Tabela 8.3). Nesse caso, maiores velocidades do vento foram encontradas nos horários em que as temperaturas do ar estavam mais elevadas (Figura 8.8c).



**Figura 8.8** - Correlações entre temperatura do ar com umidade relativa do ar (a), radiação fotossinteticamente ativa (b) e velocidade do vento (c), entre umidade relativa do ar com radiação fotossinteticamente ativa (d) e velocidade do vento (e) e entre radiação fotossinteticamente ativa com velocidade do vento (f). Variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos. Equações na Tabela 8.3. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Umidade relativa do ar teve correlação negativa com radiação fotossinteticamente ativa ( $P < 0,01$ ) e com velocidade do vento ( $P < 0,18$ ) (Tabela 8.3). Portanto, essas duas variáveis ambientais tiveram seus valores reduzidos conforme



a umidade relativa do ar foi ampliada (Figura 8.8 d-e). Por último, a correlação ( $P < 0,07$ ) entre radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento foi positiva (Tabela 8.3), indicando maiores velocidades do vento em situações de elevada luminosidade (Figura 8.8f).

**Tabela 8.3** - Correlações das variáveis ambientais entre si e dessas com a dose de fomesafen que provoca 15% de intoxicação em plantas de feijão, com dados de dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.

Variável y	Variável x	Equação	R <sup>2</sup>	P	n <sup>a</sup>
Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	$y=42,48-0,33x$	0,96	<0,01	10
Temperatura do ar	RFA <sup>b</sup>	$y=18,08+0,01x$	0,67	<0,01	10
Temperatura do ar	Velocidade do vento	$y=16,94+1,30x$	0,20	0,19	10
Umidade relativa do ar	RFA	$y=73,00-0,02x$	0,63	0,01	10
Umidade relativa do ar	Velocidade do vento	$y=77,14-3,95x$	0,22	0,18	10
RFA	Velocidade do vento	$y=-215,88+201,08x$	0,35	0,07	10
D <sub>15f</sub> <sup>c</sup>	Temperatura do ar	$y=297,43-4,76x$	0,26	0,13	10
D <sub>15f</sub>	Umidade relativa do ar	$y=101,86+1,47x$	0,22	0,17	10
D <sub>15f</sub>	RFA	$y=216,94-0,04x$	0,30	0,10	10
D <sub>15f</sub>	Velocidade do vento	$y=227,04-8,85x$	0,11	0,35	10

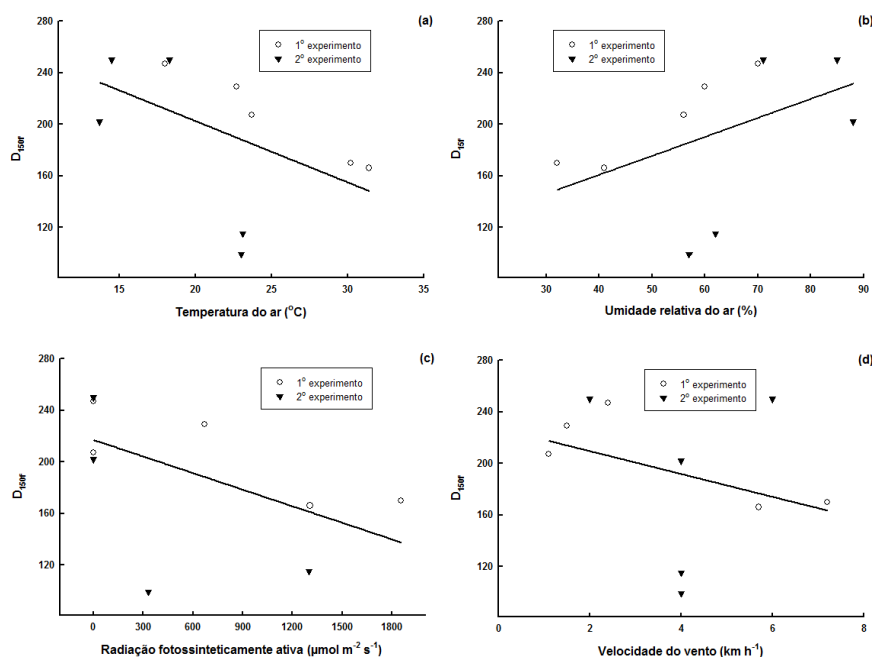
<sup>a</sup> Número de pares de dados utilizados na análise.

<sup>b</sup> Radiação fotossinteticamente ativa.

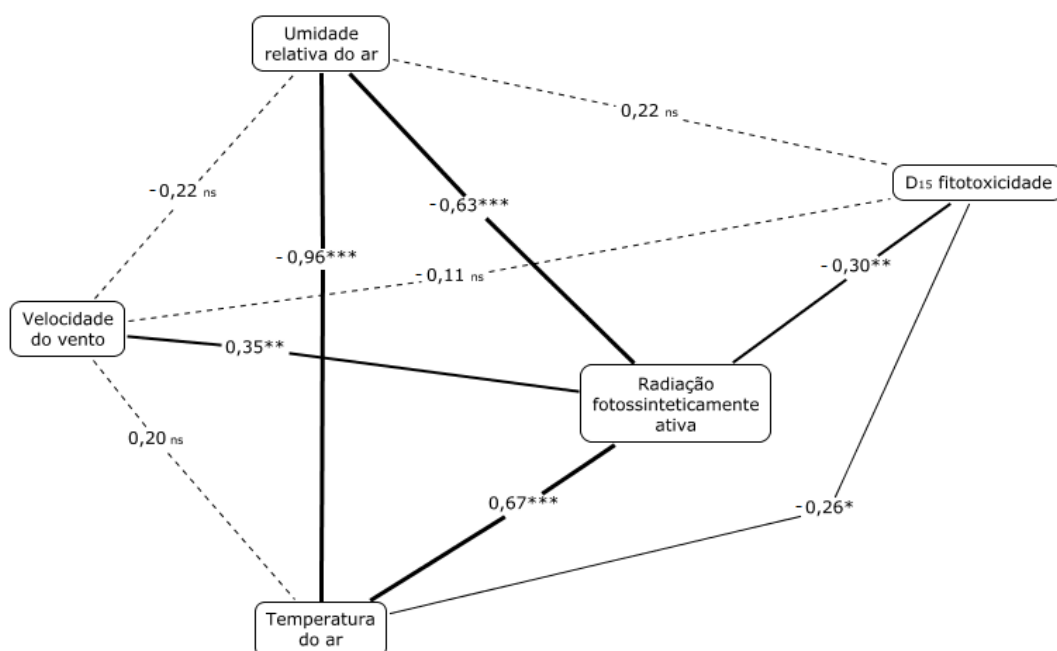
<sup>c</sup> Dose de fomesafen que provoca 15% de fitointoxicação.

A D<sub>15f</sub> correlacionou-se com todas as variáveis ambientais analisadas nos dois experimentos (Tabela 8.3). Correlação positiva ( $P < 0,17$ ) somente foi verificada com a umidade relativa do ar, mostrando que o incremento dessa variável ambiental traduziu em acréscimo da D<sub>15f</sub> (Figura 8.9b).

Para as outras três variáveis ambientais houve correlação negativa com a D<sub>15f</sub> (Tabela 8.3). Desse modo, aumentos da temperatura do ar, da radiação fotossinteticamente ativa e da velocidade do vento ocasionaram redução da D<sub>15f</sub> (Figuras 8.9a, 8.9c-d, respectivamente. No mapa conceitual criado a partir das variáveis ambientais e a D<sub>15f</sub> (Figura 8.10) é possível observar interações das variáveis ambientais entre si e também como essas variáveis influenciaram diretamente ou indiretamente (através de outra variável ambiental) a D<sub>15f</sub>.



**Figura 8.9** - Correlações entre  $D_{15f}$  com temperatura do ar (a), umidade relativa do ar (b), radiação fotossinteticamente ativa (c) e velocidade do vento (d). Fitotoxicidade avaliada aos 7 DAT e variáveis ambientais avaliadas no momento da aplicação dos tratamentos, ambas com dados de dois experimentos. Equações na Tabela 8.3. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011.



**Figura 8.10** - Mapa conceitual com os coeficientes das correlações entre variáveis ambientais (velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação fotossinteticamente ativa) no momento da aplicação de fomesafen com intoxicação do feijoeiro ( $D_{15f}$ ) pelo herbicida avaliada aos 7 DAT. Variáveis avaliadas em dois experimentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2010-2011. Linhas tracejadas indicam ausência de significância ( $P > 0,15$ ) e linhas mais espessas indicam correlação com maior grau de significância, conforme: \* ( $P < 0,15$ ), \*\* ( $P < 0,10$ ) e \*\*\* ( $P < 0,01$ ).

## 8.4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese desse capítulo é de que fomesafen provoca intoxicação no feijoeiro. De fato, nos dois experimentos e em todos os horários de aplicação do herbicida, pelo menos em alguma data de avaliação, foram observadas injúrias nas plantas de feijão em função da aplicação do herbicida. Em todos os casos, a fitotoxicidade sofreu acréscimo conforme a dose de fomesafen foi ampliada (Figuras 8.1-8.6).

Nos primeiros dias após a aplicação de fomesafen (avaliação aos 7 DAT no primeiro experimento e aos 3 e 7 DAT no segundo experimento), em determinados horários de aspersão, a fitotoxicidade máxima atingiu valores acima de 20% (Figuras 8.1c-d, 8.3b-d e 8.4c-d). Outros trabalhos na literatura também encontraram intoxicação das plantas de feijão causada por fomesafen e confirmam a hipótese proposta nesse trabalho (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005; WILSON, 2005; SOLTANI et al., 2006). No entanto, a injúria máxima observada nesses três casos foi inferior a observada em nossos experimentos, apesar da dose utilizada nesses trabalhos ser superior a utilizada nos nossos dois experimentos: menos de 5% de fitointoxicação com 280 g ha<sup>-1</sup> (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005), 6% de fitointoxicação com 840 g ha<sup>-1</sup> (WILSON, 2005) e 10% de fitointoxicação com 480 g ha<sup>-1</sup> (SOLTANI et al., 2006).

Outra hipótese para esse capítulo foi de que, com o decorrer do tempo, as plantas de feijão se recuperam das injúrias ocasionadas pelo herbicida. Realmente, independente do grau de fitotoxicidade inicial apresentado em cada horário de aplicação do produto, esse diminuiu nas datas de avaliação posteriores (Figuras 8.1-8.6). Por exemplo, no primeiro experimento, com exceção das 16:00h, fomesafen aplicado em todos os horários do dia provocou toxicidade reduzida (valores próximos a 5%) aos 20 DAT em relação à avaliação realizada aos 7 DAT (Figura 8.2). De forma análoga, no segundo experimento, a fitointoxicação causada pelo herbicida também foi diminuindo com o passar das datas de avaliação, ao passo de que com 21 DAT, a fitotoxicidade foi praticamente nula quando fomesafen foi aplicado nos horários das 02:00h, 06:00h e 21:00h (Figuras 8.6a-b e 8.6e, respectivamente).

De fato, fomesafen pode ocasionar intoxicação na cultura do feijoeiro,

com os sintomas dessa injúria desaparecendo alguns dias após a aplicação (SEAB, 2012a). Outros experimentos confirmam tal hipótese proposta (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005; WILSON, 2005; SOLTANI et al., 2006). Em dois desses casos, as lesões causadas pelo herbicida às plantas de feijão, avaliadas visualmente, foram mínimas com o passar dos dias após a aplicação do produto. Por exemplo, detectou-se menos do que 1% (SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005) ou menos do que 3% de fitointoxicação (SOLTANI et al., 2006), quando as plantas da cultura foram avaliadas aos 28 DAT. Em outro experimento, quando as plantas do feijoeiro foram avaliadas aos 21 DAT com fomesafen, os sintomas já haviam se dissipado (WILSON, 2005).

Uma possível explicação para a recuperação dos sintomas do herbicida pelas plantas de feijão com o decorrer do tempo provavelmente esteja relacionado à enzimas de detoxificação do produto na planta ou que aliviam o estresse oxidativo ocasionado pelo herbicida. Por exemplo, a presença de herbicidas inibidores da PROTOX aumenta a atividade das enzimas glutathione S-transferases (GST) como forma de detoxificação dos produtos nas plantas (FREAR; SWANSON; MANSAGER, 1983; PASCAL; GULLNER; SCALLA, 2000; GEOFFROY et al., 2002; ANDREWS et al., 2005; KILINC; GRASSET; REYNAUD, 2011).

Especulou-se em capítulos anteriores que a maior toxicidade causada pelas doses mais elevadas de fomesafen nas plantas de feijão poderia ter influenciado na queda do rendimento de grãos obtidos por essas doses do herbicida. Com efeito, outros pesquisadores encontraram toxicidade de fomesafen na soja (MENGARDA e FLECK, 1989) e no feijoeiro SOLTANI; BOWLEY; SIKKEMA, 2005; WILSON, 2005; SOLTANI et al., 2006), mas em nenhum desses casos a produtividade da cultura foi afetada pela fitotoxicidade. Sendo assim, a hipótese de que doses mais elevadas de fomesafen são responsáveis por redução na produtividade do feijoeiro precisa ser mais investigada.

Uma terceira hipótese formulada para esse capítulo é a de que o horário de aplicação de fomesafen influencia na toxicidade ao feijoeiro. De fato, em todos os períodos de avaliação dos dois experimentos, as doses de fomesafen provocaram fitointoxicações diferenciadas conforme o horário do dia em que o herbicida foi aplicado (Figuras 8.1-8.6 e Tabelas 8.1-8.2). Nos dois experimentos, a fitotoxicidade foi maior quando fomesafen foi aplicado nos horários mais quentes do dia e que também apresentavam valores de irradiância elevados (11:00h e 16:00h)

(Figuras 8.1-8.6 e Tabelas 8.1-8.2). A maior intoxicação das plantas de feijão quando fomesafen foi aspergido às 11:00h e às 16:00h, entre outros resultados, é confirmada pelos menores valores de  $D_{15f}$  alcançados pela aplicação do herbicida nesses dois horários do dia em comparação com os demais horários (Figura 8.7).

Alguns trabalhos na literatura reportam sobre o efeito do horário de aplicação de herbicidas inibidores da PROTOX na intoxicação da cultura da soja (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998; FAUSEY e RENNER, 2001). Maior toxicidade de fluthiacet e flumiclorac ocorreu quando esses dois herbicidas foram aplicados às 06:00h em comparação com os horários de aspersão dos produtos das 14:00h e das 22:00h (FAUSEY e RENNER, 2001). Para lactofen, a fitotoxicidade foi mais intensa às 17:00h e às 22:00h (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998).

Os resultados desse experimento e dos citados no parágrafo acima evidenciam o impacto do horário de aplicação sobre a toxicidade dos herbicidas nas culturas. A variabilidade existente nos resultados ocorre em função das variáveis ambientais e da interação que acontece com essas variáveis durante o dia. Nesse experimento, a  $D_{15f}$  correlacionou-se com todas as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 8.3 e Figura 8.9).

A elevada interação entre as variáveis ambientais entre si (Tabela 8.3 e Figura 8.9) deve ter mascarado o efeito da umidade relativa do ar, a qual apresentou menor correlação com a fitotoxicidade em relação às demais variáveis ambientais. As maiores correlações da  $D_{15f}$  com temperatura do ar e com radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 8.3 e Figuras 8.9a e 8.9c) indicam que a intoxicação das plantas de feijão pelo herbicida é favorecida pelo aumento dessas duas variáveis (Figuras 8.9a e 8.9c). Esse resultado está de acordo com a maior fitotoxicidade encontrada quando fomesafen foi aplicado nos horários mais quentes (e com maior luminosidade) do dia, como discutido anteriormente.

Dentre essas duas variáveis ambientais, a radiação fotossinteticamente foi a que mais afetou a toxicidade de fomesafen ao feijoeiro (Figura 8.10). Especula-se que esse fato esteja relacionado ao mecanismo e ao modo de ação do herbicida. Com efeito, os resultados dos Capítulos 6 e 7 mostram superioridade de controle das infestantes dicotiledôneas quando fomesafen foi aplicado em horários com elevada luminosidade. Como visto na introdução e na discussão desses dois capítulos, a luz (e sua intensidade) está intimamente relacionada com a ação dos

herbicidas inibidores da PROTOX nas plantas.

A análise de trilha poderia indicar os efeitos diretos e indiretos de cada variável ambiental sobre a fitotoxicidade. Entretanto, o número de dados (10) desse experimento é um fator limitante para tal análise, pois idealmente a análise de trilha deve conter 15 conjuntos de dados por variável em análise. A variabilidade de genótipos e do estágio de desenvolvimento desses no momento da aplicação dos tratamentos existente entre os experimentos também pode afetar o efeito do herbicida na planta cultivada.

## 8.5 CONCLUSÕES

A fitotoxicidade de fomesafen ao feijoeiro depende da dose aspergida, da época de avaliação e da hora da aplicação do herbicida. Houve incremento de injúria nas plantas com a elevação da dose de fomesafen utilizada. O nível de fitointoxicação na cultura foi mais elevado nas avaliações realizadas precocemente e tenderam a desaparecer com o decorrer do tempo. Elevados níveis de injúria de fomesafen em plantas de feijão foram observados às 11:00 e 16:00h. Nesses horários, a temperatura do ar e a irradiância estavam mais elevada em relação aos demais horários de aplicação.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos fatores (emprego de herbicida e dose correta, estágio de desenvolvimento das infestantes, tecnologia de aplicação, condições ambientais no momento do tratamento, horário de aspersão) influenciam o desempenho de um herbicida sobre o controle de plantas daninhas. Todos esses fatores devem ser observados com atenção para que o controle das infestantes seja realizado em momento e intensidade adequados. Principalmente em regiões como a do sudoeste do Paraná, a qual possui estações do ano nas quais as condições ambientais variam significativamente, as respostas da aplicação de herbicidas no decorrer do ano podem ser variadas.

Foi visto em nossos experimentos que o horário de aplicação influencia amplamente na eficácia dos herbicidas sobre o controle das plantas daninhas. Horários do dia que propiciaram maior desempenho ao herbicida foram aqueles que reuniram diversas (ou todas) condições ambientais favoráveis para ação de herbicidas. A ação dos herbicidas depende do mecanismo de ação dos mesmos. Assim, herbicidas inibidores da ACCase necessitam de condições para garantir absorção e translocação, como temperatura do ar e umidade relativa do ar elevadas (Capítulos 2 e 3) e inibidores da PROTOX necessitam condições que favoreçam a ocorrência de estresse oxidativo originado da ação herbicida, como elevado nível de irradiância (Capítulos 6 e 7).

A dose recomendada de um determinado herbicida prevê a possibilidade de ocorrência de algum fator limitante a atividade do produto. Com isso, em situações favoráveis, doses reduzidas conseguem proporcionar eficácia que seria esperada com a utilização da dose máxima indicada no rótulo do produto. Alternativamente, em condições inadequadas, a eficácia do produto chega a ser prejudicada a ponto de o controle ser prejudicado, mesmo tendo como base a recomendação do herbicida. Nessas situações, a falta de controle das infestantes acarreta nas influências negativas devido a interação negativa das plantas daninhas com as culturas.

Em teoria, as condições ambientais adequadas no momento da aplicação de herbicidas deveriam ser respeitadas. No entanto, casos de áreas extensas, falta de capacitação dos aplicadores e períodos do ano com condições

críticas para a aspersão do produto vão contra essa indicação. Nessas épocas do ano (geralmente no verão), a aplicação de herbicidas, muitas vezes, é norteadada pela umidade relativa do ar, privilegiando a realização da aspersão nos horários de início da manhã e final da tarde. A necessidade de reaplicação do produto em manchas de infestantes mal controladas na área pode ser um indício, por exemplo, de mal funcionamento do produto, uma vez que a dose e o equipamento são os mesmos. Mesmo que ocorra perda de eficácia no controle das plantas daninhas em função de horário inadequado de aplicação, ela é difícil de quantificar.

Aplicação noturna pode ser uma solução para situações com condições ambientais críticas, mas é muito pouco executada no Brasil. A exceção está relacionada com alguns casos para controle de pragas de difícil controle em função do seu hábito de desenvolvimento. Assim como existe em regiões nas quais a umidade relativa do ar, por exemplo, é muito baixa durante o dia e não permite a aplicação de defensivos, a possibilidade (e necessidade, em alguns casos) de aplicação de herbicidas em horários noturnos existe em nossa região. Entretanto, acaba esbarrando em alguns entraves. Em áreas planas, a visualização dos rastros do trator em virtude de aplicações anteriores e da espuma como marcador de linha é facilitada. Ao contrário, ondulações e curvas de nível em terrenos acidentados dificultam a operação de aplicação noturna do produto. Também existe no mercado equipamentos que facilitam a aplicação durante o período da noite: GPS, barras de luzes e até sistemas de visão noturna. Outro obstáculo é a falta de conhecimentos sobre quais herbicidas seriam beneficiados com essa medida e qual o benefício da aplicação noturna de herbicidas.

Os experimentos dessa dissertação foram planejados a fim de que, de alguma forma, a eficácia do herbicida em função das variáveis ambientais (de acordo com o horário de aplicação do produto) fosse explicada. Desse modo, o efeito das condições ambientais sobre a ação dos herbicidas (englobando o resultado líquido da interceptação, absorção e translocação do herbicida pela planta) foi investigado.

O custo com tratamento herbicida pode representar bem pouco no custo total de produção quando comparado com as perdas que a falta de controle das infestantes pode provocar. Isso se refletiu em condições de controle inadequado (em função de horários ou doses impróprias), nas quais houve reduções na produtividade do feijoeiro e, conseqüentemente, na renda líquida da produção



(Capítulo 4 e 5, respectivamente)

Nessa dissertação, merece menção a síntese do conhecimento obtido pelos mapas conceituais (Capítulos 3, 4, 7 e 8). Através deles, foi obtida a explicação dos “caminhos”, ou seja, das variáveis que mais afetam o desempenho dos herbicidas. Em geral, os resultados dos experimentos foram satisfatórios para esclarecimento das hipóteses propostas. Além disso, a extrapolação para outras condições experimentais foi possível com a comparação e análise da literatura.

### 9.1. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO MÉTODO DE PESQUISA

Nessa dissertação, apenas dois experimentos realizados em campo possibilitaram discutir diversos assuntos. O croqui do primeiro experimento (Apêndice A) dá uma ideia de como o planejamento dos tratamentos permitiu explorar diversas hipóteses numa única área experimental. Nesse caso, horários de aplicação do herbicida com condições ambientais contrastantes (06:00h e 16:00h) foram escolhidos para possuírem parcelas com maior área útil e assim, possibilitarem maior confiança nos resultados de produtividade. Esses tratamentos foram alocados com outros tratamentos em menor área, cuja aspersão do herbicida ocorreu nos demais horários de aplicação.

O experimento realizado em casa de vegetação (Capítulo 3) foi necessário para sanar a falta da determinação do ângulo foliar das infestantes gramíneas diretamente no campo. Idealmente, deveria ser realizado também um experimento semelhante com uma planta modelo dicotiledônea para demonstrar a relação do ângulo foliar e a ação do herbicida latifolialicida (Capítulo 7). Todavia, não foi encontrada uma planta modelo que bem representasse as infestantes presentes no ensaio de campo. Especula-se que a planta modelo deveria ter também as seguintes características: sem dormência de sementes, fácil crescimento, alteração do ângulo foliar conforme as horas do dia, entre outras.

Finalmente, para que essa dissertação fosse completa, faltou determinar a atividade (ou presença) das enzimas detoxificadoras de fomesafen ou das enzimas aliviadoras do estresse oxidativo. Convém destacar que a magnitude dessa dissertação sobrepassou as expectativas normais para um estudante de

mestrado. Supõe-se que seria razoável que todo o conteúdo acima seria perfeitamente compatível com a realização de três dissertações. Vale lembrar que essa dissertação não possui conteúdo e inovação suficientes para se caracterizar como uma tese de doutorado, mas apontou-se no Capítulo 8 a possibilidade de se realizar análise de coeficiente de trilha para entender os fatores que afetam a seletividade de inibidores da PROTOX em plantas cultivadas. Nesse caso, a análise de trilha demandaria pelo menos 15 conjuntos de observações (n) para cada variável em estudo (HAIR et al., 2005). Acredita-se que idealmente deveriam ser estudadas, além das variáveis ambientais analisadas aqui, as enzimas referidas acima e fatores não enzimáticos que aliviam os estresses oxidativos. Atualmente, seria muito oportuno se desenvolver uma tese de doutorado conforme proposto, avaliando-se os fatores que afetam a seletividade de saflufenacil (um novo inibidor da PROTOX) nas culturas do milho ou da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

AGUYOH, J.N.; MASIUNAS, J.B. Interference of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) with snap beans. **Weed Science**, v. 51, n. 2, p. 171-176, 2003a.

AGUYOH, J.N.; MASIUNAS, J.B. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with snap beans. **Weed Science**, v. 51, n. 2, p. 202-207, 2003b.

AIDAR, H. Características da cultura. In: **Cultivo do feijoeiro**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acessado em: 07/02/1012.

ANDERSON, W.P. **Weed Science: principles**. 1. ed. St. Paul: West Publishing Company, 1977. 598 p.

ANDERSON, R.N.; KOUKKARI, W.L. Response of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) to bentazon as affected by leaf orientation. **Weed Science**, v. 26, n. 4, p. 393-395, 1978.

ANDREWS, C.J.; CUMMINS, I.; SKIPSEY, M.; GRUNDY, N.M.; JEPSON, I.; TOWNSON, J.; EDWARDS, R. Purification and characterisation of a family of glutathione transferases with roles in herbicide detoxification in soybean (*Glycine max* L.); selective enhancement by herbicides and herbicide safeners. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 82, n. 3, p. 205-219, 2005.

ANDREWS, T.S.; MEDD, R.W.; VAN DE VEN, R.J.; Predicting *Avena* spp. control with clodinafop. **Weed Research**, v. 48, p. 319-328, 2008.

AREVALO, R.A.; ROZANSKI, A. Plantas daninhas na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, IV, 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 1991, p. 33-43.

BARROS, J.F.C.; BASCH, G.; CARVALHO, M. de. Effect of reduced doses of a post-emergence graminicide to control *Avena sterilis* L. and *Lolium rigidum* G. in no-till wheat under Mediterranean environment. **Crop Protection**, v. 27, n. 6, p. 1031-1037, 2008.

BARROSO, A.R.M.; YAMAUTI, M.S.; ALVES, P.L.daC. Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares de feijoeiro em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 609-616, 2010.

BERTI, A.; DUNAN, C.; SATTIN, M.; ZANIN, G.; WESTRA, P. A new approach to determine when to control weeds. **Weed Science**, v. 44, p. 496-503, 1996.

BLACKSHAW, R.E. Hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Science**, v. 39, n. 1, p. 48-53, 1991.

BLACKSHAW, R.E.; HARKER, K.N. *Erodium cicutarium* density and duration of interference effects on yield of wheat, oilseed rape, pea and dry bean. **Weed Research**, v. 38, n. 1, p. 55-62, 1998.

BORCHARTT, L.; JEKELAITIS, A.; VALADÃO, F.C.deA.; VENTUROSOS, L.A.C.; SANTOS, C.L.dos. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 725-734, 2011.

BOSNIC, A.C.; SWANTON, C.J. Economic decision rules for postemergence herbicide control of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, v. 45, p. 557-563, 1997.

BOSTRÖM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 186-195, 2002.

BRACAMONTE, E.R.; LOECK, A.E.; PINTO, J.J.O. Eficiência do herbicida sethoxydim em função do volume de calda no controle de papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitch.) na cultura da soja. **Agrociência**, v. 5, n. 1, p. 60-63, 1999.

BUSI, R.; POWLES, S.B. Evolution of glyphosate resistance in a *Lolium rigidum* population by glyphosate selection at sublethal doses. **Heredity**, v. 103, n. 4, p. 318-325, 2009.

CAMPBELL, J.R.; PENNER, D. Abiotic transformations of sethoxydim. **Weed Science**, v. 33, n. 4, p. 435-439, 1985.

CAMPER, N.D. **Research Methods in Weed Science**. 3. ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986, p. 29-46.

CARVALHO, C.G.P.de; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.de; OLIVEIRA, M.F.de; VELLO, N.A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CASELEY, J.C. Variations in foliar pesticide performance attributable to humidity, dew, and rain effects. **Aspects of Applied Biology**, v. 21, p. 215-225, 1989.

CATANEO, A.C.; CARVALHO, J.C. Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentação vacuolar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 71-88.

CHIKOYE, D.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density on white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Weed Science**, v. 43, n. 3, p. 375-380, 1995.

CIESLIK, L.F.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Inicialismo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*): é possível obter plantas “cegas” com reguladores do crescimento? In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p. 3077-3081.

COBUCCI, T. Manejo de plantas daninhas. In: **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, n. 4, 2004.

COBUCCI, T. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 533-560.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F. de. Parâmetros genéticos do rendimento de grãos e seus componentes com implicações na seleção indireta em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1999.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Quarto levantamento, janeiro/2012. Brasília: 2012a, 38 p.

CONAB. **Produtos e serviços**: Indicadores da agropecuária: Custos de produção - culturas de verão: feijão. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_07\\_22\\_17\\_49\\_12\\_feijao\\_courao\\_mai2011..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_07_22_17_49_12_feijao_courao_mai2011..pdf). Acessado em: 02/01/2012a.

CONAB. **Produtos e serviços:** Indicadores da agropecuária: Preços dos produtos agropecuários: Insumos agropecuários. Disponível em: <<http://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do?method=acaoCarregarConsulta>>. Acessado em: 02/01/2012b.

CRAFTS, A.S. **Modern weed control.** Berkeley: University of California Press, 1975, 440 p.

CRAFTS, A.S.; ROBBINS, W.W. **Weed control.** 3. ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltda, 1973. 660 p.

DE VILLIERS, B.L.; KUDSK, P.; SMIT, J.J.; MATHIASSEN, S.K. Tralkoxydim: adjuvant, MCPA and other effects. **Weed Research**, v. 41, n. 6, p. 547-556, 2001.

DEFELICE, M.S.; BROWN, W.B.; ALDRICH, R.J.; SIMS, B.D.; JUDY, D.T.; GUETHLE, D.R. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v. 37, p. 365-374, 1989.

DEVINE, M.C. Environmental influences on herbicide performance: A critical evaluation of experimental techniques. *Proceedings of the EWRS-symposium on: Factors Affecting Herbicidal Activity and Selectivity.* Wageningen, p. 219-226, 1988.

DEVLIN, D.L.; LONG, J.H.; MADDUX, L.D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 5, p. 834-840, 1991.

DIELEMAN, A.; HAMILL, A.S.; FOX, G.C.; SWANTON, C.J. Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 44, p. 126-132, 1996.

DORAN, D.L.; ANDERSON, R.N. Effectiveness of bentazon applied at various times of day. **Weed Science**, v. 24, n. 6, p. 567-570, 1976.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EVANYLO, G.K.; ZEHNDER, G.W. Common ragweed interference in snap bean at various soil potassium levels. **Applied Agricultural Research**, v. 4, n. 2, p. 101-105, 1989.

FAOSTAT. **Production:** crops Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acessado em: 06/02/2012.

FAUSEY, J.C.; RENNER, K.A. Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy and soybean tolerance. **Weed Science**, v. 49, n. 5, p. 668-674, 2001.

FERREIRA, M.C.; MACHADO-NETO, J.G.; MATUO, T. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 25-36, 1998.

FONTES, J.R.A.; ARAÚJO, G.A. de A.; SILVA, A.A. da; CARDOSO, A.A. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do feijão-mungo-verde [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 5, p. 1087-1096, 2001.

FORNAROLLI, D.A.; RODRIGUES, B.N.; CHENATA, A.N.; VALÉRIO, M.A. Influência do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 119-130, 1999.

FRANK, J.R. Influence of horsenettle (*Solanum carolinense*) on snapbean (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Science**, v. 38, n. 3, p. 220-223, 1990.

FREAR, D.S.; SWANSON, H.R.; MANSAGER, E.R. Acifluorfen metabolism in soybean: diphenylether bond cleavage and the formation of homogluthione, cysteine, and glucose conjugates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 20, n. 3, p. 299-310, 1983.

FURTADO, M.R.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A.; COELHO, A.D.F.; PETERNELLI, L.A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 217-220, 2002.

GEOFFROY, L.; TEISSEIRE, H.; COUDERCHET, M.; VERNET, G. Effect of oxyfluorfen and diuron alone and in mixture on antioxidative enzymes of *Scenedesmus obliquus*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 72, n. 3, p. 178-185, 2002.

GILLESPIE, G.R.; MILLER, S.D. Absorption, translocation, and metabolismo f diclofop by sunflower. **Weed Science**, v. 31, p. 658-663, 1983a.

GILLESPIE, G.R.; MILLER, S.D. Sunflower (*Helianthus annuus*) response to diclofop. **Weed Science**, v. 31, n. 4, p. 500-503, 1983b.

GULLNER, G.; DODGE, A.D. Effect of singlet oxygen generating substances on the ascorbic acid and glutathione content in pea leaves. **Plant Science**, v. 154, n. 2, p. 127-133, 2000.

HAIR, J.R.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 593 p.

HATTERMAN-VALENTI, H.M.; PITY, A.; OWEN, M.D.K. Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. **Weed Science**, v. 54, n. 4, p. 607-614, 2006.

HATTERMAN-VALENTI, H.; PITY, A.; OWEN, M. Environmental effects on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) epicuticular wax deposition and herbicide absorption. **Weed Science**, v. 59, n. 1, p. 14-21, 2011.

HESS, F.D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

HILL, B.D.; STOBBE, E.H. Effect of light and nutrient levels on <sup>14</sup>C-benzoylprop ethyl metabolism and growth inhibition in wild oat (*Avena fatua* L.). **Weed Research**, v. 18, n. 4, p. 223-229, 1978.

HULL, H.M.; DAVIS, D.G.; STOLZENBERG, G.E. Action of the adjuvants on plant surfaces. In: HODGSEN, R.H. **Adjuvants for herbicides**. Champaign: Weed Science Society of America, p. 26-67, 1982.

HWANG, I.T.; HONG, K.S.; CHOI, J.S.; KIM, H.R.; JEON, D.J.; CHO, K.Y. Protoporphyrinogen IX-oxidizing activities involved in the mode of action of a new compound N-[4-chloro-2-fluoro-5-{3-(2-fluorophenyl)-5-methyl-4,5-dihydroisoxazol-5-yl-methoxyl-phenyl]-3,4,5,6-tetrahydrophthalimide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 80, n. 2, p. 123-130, 2004.

IAPAR. **Culturas anuais: feijão: IPR 81** Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/feijao81/feijao81.html>>. Acessado em: 08/02/2012a.



IAPAR. **Culturas anuais: feijão: IPR Tiziu** Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/iprtiziu/iprtiziu.html>. Acessado em: 07/02/2012b.

IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado: IPR 81 e IPR Tiziu.** Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/File/novos\\_feijao.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/novos_feijao.pdf). Acessado em: 07/02/2012c.

JEKILAITIS, A.; SILVA, A.F.da; PEREIRA, J.L.; SILVA, A.A.da; FERREIRA, L.R.; VIVIAN, R. Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 373-378, 2006.

JORDAN, D.L.; GRIFFIN, J.L.; VIDRINE, P.R.; SHAW, D.R.; REYNOLDS, D.B. Comparison of graminicides applied at equivalent costs in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 11, p. 804-809, 1997.

JUNG, H.I.; KUK, Y.I.; BACK, K.; BURGOS, N.R. Resistance pattern and antioxidant enzyme profiles of protoporphyrinogen oxidase (PROTOX) inhibitor-resistant transgenic rice. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 91, n. 1, p. 53-65, 2008.

KALSING, A.; VIDAL, R.A. Nível de dano econômico aplicado à herbologia: revisão. **Pesticidas**, v. 20, n. 1, p. 43-56, 2010.

KALSING, A. **Desenvolvimento, automatização e validação de modelo bioeconômico de gestão de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2011. 187 p. Dissertação de mestrado - UFRGS, Porto Alegre, 2011.

KELLS, J.J.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Absorption, translocation, and activity of fluazifop-butyl as influenced by plant growth stage and environment. **Weed Science**, v. 32, n. 2, p. 143-149, 1984.

KHALIQ, A.; MATLOOB, A.; TANVEER, A.; AREEB, A.; ASLAM, F.; ABBAS, N. Reduced doses of a sulfonylurea herbicide for weed management in wheat fields of Punjab, Pakistan. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 71, n. 3, p. 424-429, 2011.

KILINC, O.; GRASSET, R.; REYNAUD, S. The herbicide acifluorfen: The complex theoretical bases of sunflower tolerance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 100, n. 2, p. 193-198, 2011.

KLINGAMAN, T.E.; KING, C.A.; OLIVER, L.R. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. **Weed Science**, v. 40, p. 227-232, 1992.

KOUKKARI, W.L.; JOHNSON, M.A. Oscillations of leaves of *Abutilon theophrasti* (velvetleaf) and their sensitivity to bentazon in relation to low and high humidity. **Physiologia Plantarum**, v. 47, n. 2, p. 158-162, 1979.

KOZLOWSKI, L.A.; RONZELLI JR., P.; PURISSIMO, C.; KOEHLER, H.S. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

KRAATZ, G.W.; ANDERSEN, R.N. Leaf movements in sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in relation to herbicide response. **Weed Science**, v. 28, n. 5, p. 551-556, 1980.

LAMEGO, F.P.; GALLON, M.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, Q.; VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do feijão, grupo carioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p. 1635-1639.

LEE, H.J.; DUKE, S.O. Protoporphyrinogen IX-oxidizing activities involved in the mode of action of peroxidizing herbicides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 11, p. 2610-2618, 1994.

LEE, S.D.; OLIVER, L.R. Efficacy of acifluorfen on broadleaf weeds - times and methods for application. **Weed Science**, v. 30, n. 5, p. 520-526, 1982.

LI, Z.H.; WEHTJE, G.R.; WALKER, R.H. Physiological basis for the differential tolerance of *Glycine max* to sulfentrazone during seed germination. **Weed Science**, v. 48, n. 3, p. 281-285, 2000.

LIEBMAN, M. Weed management: a need for ecological approaches. In: LIEBMAN, M.; MOHLER, C.L.; STAYER, C.P. **Ecological management of agricultural weeds**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 1-39.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 336 p.

LUGO, M.; TALBERT, R.E. Large crabgrass and smooth pigweed interference in snap bean. **Procedure Annual Meeting Arkansas Horticulture Society**, 110: 132, 1989.

LUNDKVIST, A. Influence of weather on the efficacy of dichlorprop-P/MCPA and tribenuron-methyl. **Weed Research**, v. 37, n. 5, p. 361-371, 1997.

LUNKES, J.A. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento de Agricultura, 1997. p. 9-19.

MALIK, V.S.; SWANTON, C.J.; MICHAELS, T.E. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seeding density with annual weeds. **Weed Science**, v. 41, n. 1, p. 62-68, 1993.

MANALIL, S.; BUSI, R.; RENTON, M.; POWLES, S.B. Rapid evolution of herbicide resistance by low herbicide dosages. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 210-217, 2011.

MARTINSON, K.B.; SOTHERN, R.B.; KOUKKARI, W.L.; DURGAN, B.R.; GUNSOLUS, J.L. Circadian response of annual weeds to glyphosate and glufosinate. **Chronobiology International**, v. 19, n. 2, p. 405-422, 2002.

MCMULLAN, P.M. Effect of sodium bicarbonate on clethodim or quizalofop efficacy on the role of ultraviolet light. **Weed Technology**, v. 8, n. 3, p. 572-575, 1994.

MCWHORTER, C.G. Effect of temperature and relative humidity on translocation of <sup>14</sup>C-Metribiflufen in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 29, n. 1, p. 87-93, 1981.

MEDD, R.W.; VAN DE VEN, R.J.; PICKERING, D.I.; NORDBLOM, T. Determination of environment-specific dose-response relationships for clodinafop-propargyl on *Avena* spp. **Weed Research**, v. 41, n. 4, p. 351-368, 2001.

MENGARDA, I.P.; FLECK, N.G. Atividade herbicida de compostos difeniléteres aplicados em pós-emergência à cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 5, p. 531-541, 1989.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A.J. Absorção e translocação de herbicidas nas plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 89-106.

MEROTTO JR., A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2001, p. 69-86.

MESA-GARCÍA, J.; GARCÍA-TORRES, L. A competition index for *Orobanche crenata* Forsk effects on broad bean (*Vicia faba* L.). **Weed Research**, v. 24, n. 6, p. 379-382, 1984.

MOHR, K.; SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J. Application time of day influences glyphosate efficacy. **Weed Technology**, v. 21, n. 1, p. 7-13, 2007.

NEARY, P.E.; MAJEK, B.A. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference in snap beans (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Technology**, v. 4, n. 4, p. 743-748, 1990.

NEVE, P.; POWLES, S.B. High survival frequencies at low herbicide use rates in populations of *Lolium rigidum* result in rapid evolution of herbicide resistance. **Heredity**, v. 95, n. 6, p. 485-492, 2005a.

NEVE, P.; POWLES, S.B. Recurrent selection with reduced herbicide rates results in the rapid evolution of herbicide resistance in *Lolium rigidum*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, n. 6, p. 1154-1166, 2005b.

NORSWORTHY, J.K.; OLIVER, L.R.; PURCELL, L.C. Diurnal leaf movement effects on spray interception and glyphosate efficacy. **Weed Technology**, v. 13, n. 3, p. 466-470, 1999.

NUNES, A.L.; TREZZI, M.M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010.

OERKE, E.C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 144, n. 1, p. 31-41, 2006.

PARREIRA, M.C.; ALVES, P.L.daC.A.; PEÑAHERRERA-COLINA, L.A. Influencia de las malezas sobre el cultivo de frijol en función de espaciamiento y de la densidad de plantas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 761-769, 2011.

PASCAL, S.; GULLNER, G.; SCALLA, R. Selective induction of glutathione S-transferase subunits in wheat plants exposed to the herbicide acifluorfen. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 55, n. 1-2, p. 37-39, 2000.

PASSINI, T. **Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em competição com *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.** 2001. 130 p. Tese - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

PELL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAN, M.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

PRICE, A.J.; WILCUT, J.W.; CRANMER, J.R. Physiological behavior of root-absorbed flumioxazin in peanut, ivyleaf morningglory (*Ipomoea hederacea*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*). **Weed Science**, v. 52, n. 5, p. 718-724, 2004.

RAMIRES, A.C.; CONSTANTIN, J.; MARCHIORI JR., O.; MACIEL, C.D.deG.; OLIVEIRA JR., R.S.de; APOLONI, D.K.M. Influência dos diferentes horários de aplicação em pós-emergência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, fomesafen e bentazon no controle de *Commelina benghalensis* L. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p. 467-472, 1999.

RAMSEY, R.J.L.; STEPHENSON, G.R.; HALL, J.C. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 82, p. 162-175, 2005.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA NA REGIÃO SUL, XXXVII, 2009. Porto Alegre. *Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2009/2010*. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 144 p.

RITTER, R.L.; COBLE, H.D. Influence of temperature and relative humidity on the activity of acifluorfen. **Weed Science**, v. 29, n. 4, p. 480-484, 1981.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guaxuma em soja. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 117-125, 2004.

SALGADO, T.P.; SALLES, M.S.; MARTINS, J.V.F.; ALVES, P.L.daC.A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta daninha**, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.

SCHOLTEN, R.; PARREIRA, M.C.; ALVES, P.L.daC.A. Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro 'Rubi' em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 313-320, 2011.

SEAB. **Agrotóxicos no Paraná:** Flex. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/flex.pdf>>. Acessado em: 27/01/2012a.

SEAB. **Estimativas de custos:** Culturas. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acessado em: 02/01/2012b.

SEAB. **Preços.** Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acessado em: 02/01/2012c.

SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J.; JOHNSON, W.G. Diurnal fluctuations and leaf angle reduce glufosinate efficacy. **Weed Technology**, v. 17, n. 2, p. 302-306, 2003.

SHAW, D.R.; MORRIS, W.H.; WEBSTER, E.P.; SMITH, D.B. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. **Weed Technology**, v. 14, n. 2, p. 321-326, 2000.

SHIMADA, M.M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SILVA, A.A.; SILVA, J.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. **Controle de plantas daninhas.** Brasília: ABEAS, 2000. 260p.

SIVESIND, E.C.; GASKA, J.M.; JESCHKE, M.R.; BOERBOOM, C.M.; STOLTENBERG, D.E. Common lambsquarters response to glyphosate across environments. **Weed Technology**, v. 25, n. 1, p. 44-50. 2011.

SKORA NETO, F.; CAMPOS, A.C.; HORSZYN, D. Interação entre densidade e período de convivência de plantas daninhas no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p. 775-779.

SKUTERUD, R.; BJUGSTAD, N.; TYLDUM, A.; TORRESEN, K.S. Effect of herbicides applied at different times of the day. **Crop Protection**, v. 17, n. 1, p. 41-46, 1998.

SOLTANI, N.; BOWLEY, S.; SIKKEMA, P.H. Responses of black and cranberry beans (*Phaseolus vulgaris*) to post-emergence herbicides. **Crop Protection**, v. 24, n. 1, p. 15-21, 2005.

SOLTANI, N.; ROBINSON, D.E.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Adzuki bean (*Vigna angularis*) responses to post-emergence herbicides. **Crop Protection**, v. 25, n. 6, p. 613-617, 2006.

SUGIYAMA, A.; SEKIYA, J. Homoglutathione confers tolerance to acifluorfen in transgenic tobacco plants expressing soybean homoglutathione synthetase. **Plant and Cell Physiology**, v. 46, n. 8, p. 1428-1432, 2005.

TREZZI, M.M.; FELIPPI, C.L.; NUNES, A.L.; CARNIELETO, C.E.; FERREIRA, A.R.J. Eficácia de controle de plantas daninhas e toxicidade ao milho da mistura de foramsulfuron e iodosulfuron isoladamente ou em associação com atrazine e/ou clorpirifós. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 653-659, 2005.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; NUNES, A.L.; PRATES, M.V.B; GUSTMAN, M.R., ARGENTA, G. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p. 845-853, 2008.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KLEINA, E.A.; THOMAZI, H.; LAMEGO, F.P. Paradoxo da dose de herbicidas: comprovação da teoria na cultura do feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010, p. 2279-2282.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D.; GUSTMAN, M.S.; XAVIER, E.; ROSIN, D; DEDORDI, G.F. Eletrolite leakage as a technique to diagnose *Euphorbia heterophylla* biotypes resistant to PPO-Inhibitors herbicides. **Planta Daninha**, v. 29, n. 3, p. 655-662, 2011.

UTFPR – Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2008, 122 p.

VANSTONE, D.E.; STOBBE, E.H. Light requirement of the diphenylether herbicide oxyfluorfen. **Weed Science**, v. 27, n. 1, p. 88-91, 1979.

VICTORIA FILHO, R. Manejo de plantas daninhas. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, IX, 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 79, 2007, p. 59-67.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A.; FLECK, N.G. Introdução. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR. **Herbicidologia**. 1 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2001. p. 1-5.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. Inibidores de ACCase. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR. **Herbicidologia**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2001, p. 15-24.

VIDAL, R.A. **Ação dos herbicidas**: Absorção, translocação e metabolização. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2002, 89 p.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A.; BERGAMASHI, H.; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; CRUZ-HIPOLITO, H.; PORTES, E.daS.; DE PRADO, R. Initialism: a new term to describe the first mechanism of negative interaction between weeds and crops. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 21, p. 595-598, 2008.

VIDAL, R.A.; KALSING, A. Métodos para determinar a dose ótima de herbicidas na cultura do trigo. In: XII CONGRESSO DA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MALHERBOLOGIA, IXX CONGRESSO DA ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 2009, Lisboa. **Herbologia e biodiversidade numa agricultura sustentável**. Lisboa: ISAPRESS, 2009. p. 663-666.

VIDAL, R.A.; KALSING, A.; GHEREKHLOO, J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomea nil* na cultura do feijão. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1675-1681, 2010.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. Inicialismo. In: VIDAL, R.A.; **Interação negativa entre plantas**: inicialismo, alelopatia e competição. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 33-49.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A.; TREZZI, M.M.; CIESLIK, L.F. 'Initialism' as a mechanism of weed interference: the search of a "blind" crop. In: COLUMA CONFERENCE INTERNATIONAL MEETING ON WEED CONTROL, XXI, 2010. **Résumeés...** Dijon: AFPP, 2010a, p. 139-146.



VIDAL, R.A. Modelo para elaborar uma boa discussão: tópicos e exemplo hipotético (parábola do copo de água). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, v. 16, n. 4, p. 8-11, 2010.

VIDAL, R.A.; PORTUGAL, J. Formas de cálculo de nível crítico de dano (NCD) de infestantes. In: VIDAL, R.A.; PORTUGAL, J.; SKORA NETO, F. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 13-19.

VIDAL, R.A.; SKORA NETO, F.; KALSING, A.; TREZZI, M.M.; LAMEGO, F.P. Introdução. In: VIDAL, R.A.; PORTUGAL, J.; SKORA NETO, F. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010b. p. 1-7.

VIDAL, R.A.; SKORA NETO, F.; KALSING, A.; TREZZI, M.M.; LAMEGO, F. Nível crítico de dano (NCD) de infestantes na cultura do feijão. In: VIDAL, R.A.; PORTUGAL, J.; SKORA NETO, F. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010c. p. 32-38.

VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M.; LAMEGO, F.P. Análise de 25 anos de utilização de herbicidas na cultura do feijão no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, VIII, 2011. **Resumos...** Chapecó: Epagri, 2011, CD-ROM.

VITTA, J.I.; FACCINI, D.E.; NISENSOHN, L.A. Control of *Amaranthus quitensis* in soybean crops in Argentina: an alternative to reduce herbicide use. **Crop Protection**, v. 19, n. 7, p. 511-513, 2000.

XIE, H.S.; HSIAO, A.I.; QUICK, W.A. Effect of shading on activity of imazamethabenz and fenoxaprop in wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v. 42, n. 1, p. 66-69, 1994.

XIE, H.S.; CALDWELL, B.C.; HSIAO, A.I.; QUICK, W.A.; CHAO, J.F. Spray deposition of fenoxaprop and imazamethabenz on wild oat (*Avena fatua*) as influenced by environmental factors. **Weed Science**, v. 43, p. 179-183, 1995.

XIE, H.S.; HSIAO, A.I.; QUICK, W.A.; HUME, J. Influence of water stress on absorption, translocation, and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenz-methyl in *Avena fatua*. **Weed Research**, v. 36, p. 65-71, 1996.

XIE, H.S.; HSIAO, A.I.; QUICK, W.A. Influence of drought on graminicide phytotoxicity in wild oat (*Avena fatua*) grown under different temperature and humidity conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 16, p. 233-237, 1997.

XU, L.; ZHU, H.; OZHAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, v. 53, n. 1, p. 13-20, 2010.

ZHOU, J.; TAO, T.; MESSERSMITH, C.G.; NALEWAJA, J.D. Glyphosate efficacy on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) is affected by stress. **Weed Science**, v. 55, n. 3, p. 240-244, 2007.

WALTZ, A.L.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W.; LINDQUIST, J.L. Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. **Weed Technology**, v. 18, n. 4, p. 931-939, 2004.

WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. Review. **Weed Science**, v. 4, p. 215-231, 1989.

WICHERT, R.A.; BOZSA, R.; TALBERT, R.E.; OLIVER, L.R. Temperature and relative humidity effects on diphenylether herbicides. **Weed Technology**, v. 6, n. 1, p. 19-24, 1992.

WILLINGHAM, G.L.; GRAHAM, L.L. Influence of environmental factors and adjuvants on the foliar penetration of acifluorfen in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*): an analysis using the fractional factorial design. **Weed Science**, v. 36, n. 6, p. 824-829, 1988.

WILLS, G.D.; MCWHORTER, C.G. Effect of environment on the translocation and toxicity of acifluorfen to showy crotonia (*Crotalaria spectabilis*). **Weed Science**, v. 29, n. 4, p. 397-401, 1981.

WILSON, R.G. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Science**, v. 41, n. 4, p. 607-610, 1993.

WILSON, R.G. Response of dry bean and weeds to fomesafen and fomesafen tank mixtures. **Weed Technology**, v. 19, n. 1, p. 201-206, 2005.

**ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS**

APÊNDICE A – Croqui do primeiro experimento.....	172
--	-----

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Croqui do primeiro experimento

	02:00h		21:00h		02:00h		21:00h		11:00h		11:00h		
1	11	16	31	41	46	61	71 E	76	91	101	106	20 m	
2	12	17	32	42	47	62	72 E	77	92 T	102	107		
3	13	18	33 T	43	48	63	73 E	78	93 E	103	108		
4	14 T	19	34	44	49	64	74 T	79	94 E	104	109		
5	15	20	35	45	50	65	75	80	95 E	105	110		
6	21	26	36	51	56 E	66	81	86	96	111	116		
7	22	27 T	37	52	57 E	67	82	87	97	112	117		
8	23	28 E	38	53	58 T	68	83	88	98	113	118		
9	24	29 E	39	54	59 E	69	84	89 T	99	114 T	119		
10	25	30	40	55	60 E	70	85	90	100	115	120		
	11:00h		11:00h		11:00h		21:00h		02:00h		02:00h		21:00h
	6 m				12 m								
	96 m												

Flechas indicam as dimensões das parcelas.

1-200: Numeração das parcelas.

T: Testemunha.

E: Unidade experimental extra.