

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TOLERÂNCIA DO FEIJOEIRO AO HERBICIDA TEMBOTRIONE E  
HABILIDADE COMPETITIVA DA AVEIA BRANCA EM RESPOSTA À  
APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE ÁCIDO GIBERÉLICO

Marcus Vinícius Fipke  
Engenheiro Agrônomo / UFPEL

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Herbologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2016

### CIP - Catalogação na Publicação

Fipke, Marcus Vinícius

Tolerância do feijoeiro ao herbicida tembotrione e habilidade competitiva da aveia branca em resposta à aplicação de inibidor de ácido giberélico / Marcus Vinícius Fipke. -- 2016.

182 f.

Orientador: Ribas Antonio Vidal.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Aveia-branca. 2. Lolium multiflorum. 3. Competição. 4. Trinexapac-etil. 5. Tembotrione. I. Vidal, Ribas Antonio, orient. II. Título.

MARCUS VINÍCIUS FIPKE  
Engenheiro Agrônomo - UFPEL

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 29.02.2016  
Pela Banca Examinadora

Homologado em:  
Por

RIBAS ANTONIO VIDAL  
Orientador - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

CHRISTIAN BREDEMEIER  
PPG Fitotecnia/UFRGS

MIGUEL DALL AGNOL  
PPG Zootecnia/UFRGS

LEONARDO BIANCO DE CARVALHO  
PPG Produção Vegetal  
UDESC/SC

PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

## DEDICATÓRIA

As mulheres da minha vida, mãe e irmã, por me ensinarem a valorizar cada conquista. Ao meu pai (*in memoriam*) por acreditar no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela vida.

Aos meus pais, João Ironi Fipke e Vera Regina Fipke por todo amor, educação e incentivo. A minha irmã Thaís Caroline Fipke pela ajuda, apoio, amor e carinho.

Ao prof. Dr. Ribas Antonio Vidal, pela orientação, pelos conhecimentos e experiência repassados, pela confiança e grande amizade e por participar ativamente na minha formação profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio financeiro e recursos.

Aos professores Luiz Carlos Federizzi e Marcelo Teixeira Pacheco, pela ajuda nos experimentos e doação das sementes de aveia.

Aos professores do PPG-Fitotecnia, especialmente Aldo Merotto Jr., Carla A. Delatorre e Itamar C. Nava, pelos ensinamentos e contribuições.

Aos funcionários da Estação experimental, Miguel, Adriano, Paulo e Odair José pela ajuda no trabalho.

Ao colega MSc. Andrew Rerison Silva de Queiroz, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

A minha namorada Angela Rohr, por me apoiar nesta empreitada e pelo amor e carinho.

Aos colegas da Sala 3 do Dep. de Plantas de Lavoura, pela amizade, troca de conhecimentos e aos auxílios na pesquisa.

Aos amigos do AP 10 Felipe Dalzotto Artuzo, Fábio Farias Amorim, Hélio Barros e Cristian Foguesatto pela moradia e amizade.

Aos demais estudantes do PPG-Fitotecnia da UFRGS, pela ajuda ao longo destes anos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para realização desta pesquisa.

# TOLERÂNCIA DO FEIJOEIRO AO HERBICIDA TEMBOTRIONE E HABILIDADE COMPETITIVA DA AVEIA BRANCA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE INIBIDOR DE ÁCIDO GIBERÉLICO<sup>1</sup>

Autor: Marcus Vinícius Fipke  
Orientador: Ribas Antonio Vidal

## RESUMO

As culturas órfãs se caracterizam por possuírem reduzida área cultivada e baixo valor econômico. Entre as culturas menores de destaque no Brasil e no mundo estão as culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e da aveia (*Avena sativa* L.). As plantas daninhas destacam-se como um dos principais limitantes nos rendimentos dessas culturas. Entre as contribuições da ciência para o manejo de plantas daninhas para diminuir os danos às culturas órfãs incluem-se a busca de novos herbicidas e o incremento da habilidade competitiva das plantas cultivadas. Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar a tolerância de feijão ao herbicida tembotrione; b) avaliar o anidrido naftálico como protetor para aumentar a tolerância do feijão ao tembotrione; c) averiguar as mudanças morfológicas ocorridas no aumento da densidade de plantas; d) determinar se a densidade de plantas afeta a eficácia de herbicidas; e) investigar se a aplicação sequencial ajuda no controle de plantas em alta densidade; f) mensurar a magnitude da competição entre aveia e azevém; g) avaliar a habilidade competitiva de dois genótipos de aveia de porte alto e porte baixo quando em competição com azevém; h) verificar o impacto de inibidores de giberelina em genótipos de aveia com infestação de azevém, determinando o possível aumento do rendimento na cultura. A seletividade de tembotrione nas plantas de feijão é dependente da dose. Há morte de plantas e perda de produtividade de grãos quando o herbicida é aplicado em dose superior a 10,5 g ha<sup>-1</sup>. Quando usado anidrido naftálico na cultivar de feijão IAC Imperador não houve aumento da tolerância ao herbicida tembotrione. A morfologia vegetal é dependente da densidade de plantas. A eficácia de herbicida é afetada pela densidade de plantas e pela espécie de planta utilizada. A aplicação sequencial de herbicidas não demonstrou maior eficácia, quando comparada às aplicações em uma única aspersão. As plantas de aveia foram mais competitivas do que as de azevém. As plantas de aveia de porte alto demonstraram maior habilidade competitiva que as de porte baixo. O uso de inibidor de ácido giberélico em pós-emergência na cultura da aveia favoreceu o manejo do azevém e incrementou o rendimento de grãos de cultivar de porte alto.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (182f.) Fevereiro, 2016.

# COMMON BEAN TOLERANCE TO TEMBOTRIONE HERBICIDE AND COMPETITIVE ABILITY OF WHITE-OATS AS RESULT OF THE APPLICATION OF GIBBERELIC ACID INHIBITOR<sup>2</sup>

Author: Marcus Vinícius Fipke  
Advisor: Ribas Antonio Vidal

## ABSTRACT

The orphan crops are characterized by having reduced grown area and low economic value. Among the main minor crops in Brazil and the world are the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and oats (*Avena sativa* L.). The weeds are among the main limiting to crops grain yield. The contributions of science to reduce the impact of weeds on crops include the search of new herbicides and the increased of the competitive ability of cultivated plants. The objectives of this study were: a) to evaluate the bean tolerance to the herbicide tembotrione; b) to assess the potential of anhydride naphthalic to increase the common bean tolerance to tembotrione; c) to evaluate the morphological changes due to the increase of plant density; d) to determine whether the plant density impacts the performance of herbicides; e) to investigate whether sequential herbicide application increases plant control at high density; f) to measure the magnitude of the competition between oats and Italian ryegrass; g) to evaluate the competitive ability of two oat genotypes with Italian ryegrass; h) to verify the impact of gibberellin inhibitors on oat genotypes infested with ryegrass, determining possible increase on the crop yield. Tembotrione selectivity to common bean plants is dose dependent. There is plant death and grain yield loss when the herbicide is applied on rates superior to 10.5 g ha<sup>-1</sup>. Anhydride naphthalic used on common bean cv. IAC Imperador did not increase the crop tolerance to tembotrione. The plant morphology is density dependent. The herbicide efficacy is density dependent. The sequential application of herbicides did not increase the herbicide efficacy. The oat plants were more competitive than Italian ryegrass. Tall oat plants showed greater competitive ability than low plants. The use of gibberellic acid inhibitor in post-emergence of oat plants helped the Italian ryegrass management and increased the grain yield of tall oat plants.

---

<sup>2</sup>Master's Thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (182p.) February 2016.

<b>SUMÁRIO</b>	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Organização da dissertação .....	5
1.2 Hipóteses avaliadas.....	5
1.3 Referências bibliográficas.....	6
CAPÍTULO 2 – TOLERÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) AO HERBICIDA TEMBOTRIONE.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
2.1 INTRODUÇÃO.....	12
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
2.2.1 Experimento de campo.....	15
2.2.2 Experimento de casa de vegetação.....	17
2.2.3 Análise estatística.....	18
2.3 RESULTADOS.....	19
2.3.1 Experimento de campo.....	19
2.3.2 Experimento em casa de vegetação.....	26
2.4 DISCUSSÃO.....	32
2.5 CONCLUSÕES.....	35
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTAS NA EFICÁCIA DE HERBICIDA .....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
3.1 INTRODUÇÃO.....	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3.2.1 Experimento de casa de vegetação.....	44
3.2.2 Experimento de campo.....	47
3.2.3 Análise estatística.....	49
3.3 RESULTADOS.....	50
3.3.1 Efeito da densidade de plantas em características morfo-fisiológica.....	50
3.3.2 Eficácia de herbicida sob duas densidades de plantas .....	60
3.3.3 Experimento de campo.....	72
3.4 DISCUSSÃO.....	87

	Página
3.5 CONCLUSÕES.....	95
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO 4 – HABILIDADE COMPETITIVA DE AVEIA COM AZEVÉM E INIBIDOR DE ÁCIDO GIBERÉLICO PARA INCREMENTAR O RENDIMENTO DE GRÃOS DA CULTURA .....	100
RESUMO .....	100
ABSTRACT.....	101
4.1 INTRODUÇÃO.....	102
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	105
4.2.1 Experimentos de casa de vegetação.....	105
4.2.2 Experimentos de campo .....	110
4.2.3 Análise estatística.....	112
4.3 RESULTADOS.....	112
4.3.1 Experimento em casa de vegetação.....	112
4.3.2 Experimentos em campo .....	124
4.4 DISCUSSÃO.....	133
4.5 CONCLUSÕES.....	143
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	149
5.1 Referências bibliográficas.....	153
6 APÊNDICES. ....	155
7 VITA.....	164

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
2.1 Equações de regressão usadas para determinar o efeito do herbicida tembotrione na cultivar de feijão 'IAC Imperador'. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15) .....	21
2.2 Equações de regressão usadas para determinar o efeito do herbicida tembotrione no cultivar de feijão 'IAC Imperador', sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftalico (NA)). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015 .....	28
3.1 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade em plantas de soja. LAFLOL/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.....	51
3.2 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade em plantas de azevém. LAFLOL/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.....	56
3.3 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de soja em três situações de densidade e em função das doses de ethoxysulfuron. LAFLOL/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015..	62
3.4 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate. LAFLOL/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	68
3.5 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em quatro situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS).....	74
3.6 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 51 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	79

	Página
3.7 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 e 51 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	85
4.1 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de aveia cv. URS Taura com o uso de diferentes inibidores de giberelina. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.....	114
4.2 Diferenças relativas de produtividade (DPR) para a variável massa seca da parte aérea e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 86/14, 71/29, 57/43, 29/71, 14/86 de plantas de aveia e azevém associados. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	120
4.3 Índices de competitividade entre plantas de aveia (cv. URS Taura e URS Brava), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (A). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015. ....	121
4.4 Diferenças relativas de produtividade (DPR) para a variável massa seca da parte aérea e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 86/14, 71/29, 57/43, 29/71, 14/86 de plantas de aveia e azevém associados aos 42 DAE. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.....	123
4.5 Índices de competitividade entre plantas de aveia (cv. URS Taura e URS Brava), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (A) aos 42 DAE. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.....	123
4.6 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de azevém e efeito do uso de inibidor de giberelina em plantas de aveia cv. URS Taura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	125
4.7 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de azevém e efeito do uso de inibidor de giberelina em plantas de aveia cv. URS Brava. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	130

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

- 2.1 Tolerância de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15) . 20
- 2.2 Número de folhas de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15)..... 22
- 2.3 Sobrevivência de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15)..... 23
- 2.4 Controle de plantas daninhas em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15) ..... 24
- 2.5 Queda do rendimento (%) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15)..... 25
- 2.6 Máxima dose de herbicida antes de detectar perda na produtividade (MDAPP) (g ha<sup>-1</sup>) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15). ..... 26
- 2.7 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 7 DAA (A), 14 DAA (B) e 21 DAA (C). Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.....27
- 2.8 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 7 DAA (A), 14 DAA (B) e 21 DAA (C). Equações

na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.....	29
2.9 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 21 DAA. Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015 .....	30
2.10 Massa da parte aérea seca (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015 .....	31
3.1 Diâmetro do colmo (% em relação a testemunha) de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014 .....	51
3.2 Comprimento de entrenós de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014. ....	52
3.3 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014 .....	53
3.4 Massa da parte aérea seca, massa da raiz seca e massa de folhas seca (MPAS, MRS e MFS; % em relação a testemunha) de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014 .....	54
3.5 Gráfico tipo radar sintetizando o impacto da densidade nas variáveis: diâmetro do colmo (Diâm. Colmo), comprimento de entrenós (Diste), número de folhas (Nº folhas), massa da parte aérea seca (MPAS), massa de raiz seca (MRS), massa de folhas secas (MFS). LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014 .....	55
3.6 Estatura (cm) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.....	56
3.7 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	57
3.8 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	58

- 3.9 Massa da parte aérea seca e massa da raiz seca (MPAS e MRS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....59
- 3.10 Gráfico tipo radar sintetizando o impacto da densidade nas variáveis: estatura (Estatura), número de folhas (Folhas), número de perfilhos (Perfilhos), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR). LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.....60
- 3.11 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliadas aos 14 DAA (A), 21 DAA (B) e 28 DAA (C). Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....61
- 3.12 Diâmetro do colmo (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....63
- 3.13 Comprimento de entrenós (cm) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....64
- 3.14 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....65
- 3.15 Massa de folhas secas (MFS; A) e massa da parte aérea seca (MPAS; B; % em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 30 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....66
- 3.16 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliadas aos 21 DAA (A) e 28 DAA (B). Equações na Tabela 3.4. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....67
- 3.17 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 14 DAA (A), 21 DAA (B) e 28 DAA (C). Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015 .....70
- 3.18 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três

situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 21 DAA (A) e 28 DAA (B). Equações na Tabela 3.4. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	71
3.19 Massa da parte aérea seca (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 30 DAA. Equações na Tabela 3.4. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....	72
3.20 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	73
3.21 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	75
3.22 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	76
3.23 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	77
3.24 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 9 DAA (A), 18 DAA (B) e 28 DAA (C). Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015. ....	78
3.25 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	80
3.26 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	81
3.27 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate, avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....	83

- 3.28 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....84
- 3.29 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....86
- 3.30 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....87
- 4.1 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac-etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....113
- 4.2 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....115
- 4.3 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapacetil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015 .....116
- 4.4 Matéria da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac-etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.....117
- 4.5 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa da parte aérea seca (MPAS) de aveia e azevém aos 30 DAE em três situações de plantas de aveia: cv. URS Taura sem inibidor de giberelina (IG; A); cv. URS Taura com IG (B) e cv. URS Brava (C). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015. Círculos cheios (○) e vazios (●) representam a PR da MPAS das espécies de aveia e azevém, respectivamente. O triângulo cheio (▲) indica a PRT. As linhas tracejadas referem-se as produtividades hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre outra .....119
- 4.6 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa da parte aérea

- seca (MPAS) de aveia e azevém aos 42 DAE em três situações de plantas de aveia: cv. URS Taura sem inibidor de giberelina (IG; A); cv. URS Taura com IG (B) e cv. URS Brava (C). LAFLOS/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015. Círculos cheios (○) e vazios (●) representam a PR da MPAS das espécies de aveia e azevém, respectivamente. O triângulo cheio (▲) indica a PRT. As linhas tracejadas referem-se as produtividades hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre outra. ....122
- 4.7 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 30 DAA (A) e 63 DAA (B). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 ..... 125
- 4.8 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e sob diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....126
- 4.9 Massa da parte aérea seca (MPAS, % em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....127
- 4.10 Rendimento de grãos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....128
- 4.11 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 30 DAA (A) e 63 DAA (B). Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....130
- 4.12 Massa seca da parte aérea (MPAS, % em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....131
- 4.13 Rendimento de grãos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015 .....131

## LISTA DE ABREVIATURAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
LAFLOL	Laboratório da Flora Ruderal
EEA	Estação Experimental Agronômica
DAE	Dias Após a Emergência
DAA	Dias Após a Aplicação
MPAS	Massa da Parte Aérea Seca
I.A.	Ingrediente Ativo
E.A.	Equivalente Ácido
Desb. AA	Desbastado Antes da Aplicação
Desb. DA	Desbastado Após a Aplicação
AG	Ácido Giberélico

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Plantas daninhas são definidas como qualquer vegetal que ocorrem onde não são desejado ou, então, as plantas sem valor econômico ou que competem com os humanos pelo solo (Silva *et al.*, 2007). Desde os primórdios da agricultura, plantas cultivadas e plantas daninhas interagem entre si pelos recursos do meio, como por exemplo água, luz e nutrientes. As interações entre plantas podem ser caracterizadas como sendo positivas (protocooperação, sinergismo, comensalismo e mutualismo), negativas (inicialismo, alelopatia, parasitismo e competição) ou neutras (neutralismo) (Radosevich *et al.*, 1997). Atuando negativamente, as plantas daninhas podem interferir nos cultivos diretamente, competindo pelos recursos do meio ou depreciando a qualidade da produção, ou indiretamente, atuando como hospedeiras de pragas, moléstias e nematoides, plantas parasitas ou interferindo nas práticas da colheita (Zanatta *et al.*, 2006). Entre as variáveis que podem influenciar os efeitos da interferência de plantas daninhas no rendimento de cultivos estão características da cultura e das espécies de plantas daninhas, as condições ambientais e as práticas de manejo (Nunes *et al.*, 2007; Oliveira Jr. *et al.*, 2011).

Mundialmente, quase 38% do potencial produtivo das lavouras seria perdido caso não fossem adotadas medidas de controle de plantas daninhas

(Oerke, 2006). Entre as diversas culturas cultivadas no Brasil e no mundo, algumas, apesar de sua importância, ainda carecem de estudo e incentivo, sendo denominadas “culturas órfãs” ou “minor crops”. As culturas órfãs se caracterizam por possuírem reduzida área cultivada e baixo valor econômico em relação as grandes culturas como soja, milho, trigo (Fennimore, 2008). Entre as culturas menores pode-se destacar a importância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e a aveia (*Avena sativa* L.).

Em todo o mundo, é estimado que 23,1 milhões de toneladas de feijão são produzidos anualmente em cerca de 8,7 milhões de hectares (FAO, 2014). Em 2015, o feijão foi semeado em 3034,2 mil hectares no Brasil, com produção de 3.185,91 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015). A produtividade do feijão em 2005 era de 822 kg ha<sup>-1</sup> e passou para 1050 kg<sup>-1</sup> em 2015, caracterizadamente abaixo do potencial produtivo da cultura que pode superar os 4000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015; Farinelli e Lemos, 2010). Devido ao ciclo curto dos feijoeiros, as plantas possuem baixa habilidade competitiva com espécies daninhas, principalmente na fase inicial de crescimento, o que explicaria, ao menos em parte, as perdas substanciais de rendimento (Sharareh *et al.*, 2008; Sikkema *et al.*, 2008). No feijoeiro, a competição com plantas daninhas pode reduzir a produtividade de grãos entre 15 a 85% (de acordo com a espécie de planta competidora, época de infestação, entre outros) (Salgado *et al.*, 2007; Barroso *et al.*, 2010; Pynenburg *et al.*, 2011). Devido as características mais sensíveis do feijoeiro, uma das melhores táticas de manejo de plantas daninhas é o controle químico com herbicidas (Soltani *et al.*, 2007). Porém, devido a seu baixo incentivo e valor econômico, existem poucos produtos registrados, quando comparado a outras culturas consideradas “grandes culturas” (Sharareh *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2008). A falta de herbicidas registrados resulta em maiores custos na lavoura por utilizar o cultivo mecânico e

capina manual, diminuindo a atratividade no cultivo do feijoeiro (Soltani *et al.*, 2007). Ademais, o número restrito de opções de herbicidas na cultura implica em poucas opções de mecanismos de ação para serem rotacionados, o que favorece a seleção de biótipos resistentes aos compostos utilizados nesta cultura.

A espécie de aveia *Avena sativa* L. é um dos cereais de inverno produzidos no Brasil e no mundo (Soltani *et al.*, 2012). Essa cultura possui muitas utilidades, incluindo a cobertura do solo para redução da erosão e a produção de grãos para uso na alimentação humana e animal (Tafernaberi Jr. *et al.*, 2012). No Brasil, a área do cultivo de aveia em 2015 correspondeu a 190.000 ha<sup>-1</sup>, atingindo a produção de 399 mil t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015). Houve um incremento de 45% na área cultivada entre 2007 e 2015, sendo que, neste último ano, a produtividade atingiu 2101 kg ha<sup>-1</sup> (2015) (CONAB, 2015). Porém, a produtividade da cultura da aveia ainda está aquém do potencial produtivo das cultivares que podem superar os 5000 kg ha<sup>-1</sup> (Federizzi *et al.*, 2015). Entre as possíveis causas de não se obter o rendimento potencial das cultivares estão as técnicas de manejo, como a população de plantas, disponibilidade de nutrientes, controle fitossanitários e de plantas daninhas (Ceccon *et al.*, 2004; Benin *et al.*, 2005).

Entre as formas de diminuir os danos de plantas daninhas nas culturas órfãs incluem-se a utilização de herbicidas novos, o incremento da habilidade competitiva das plantas cultivadas e o manejo de plantas daninhas. O feijoeiro sendo uma planta magnoliopsida e com baixa habilidade competitiva, possui um número limitado de herbicidas pós-emergentes no controle de plantas daninhas de folha larga (Soltani *et al.*, 2007; Procópio *et al.*, 2009). Assim, há uma busca por herbicidas seletivos à cultura e que possam controlar principalmente plantas daninhas magnoliopsidas (entre as principais *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa*) (Procópio *et al.*, 2009). Dentre os herbicidas com este espectro de controle

destacam-se os inibidores de carotenoide, entre eles o tembotrione (Monquero *et al.*, 2009). Além, da pesquisa com herbicidas seletivos a cultura, outra forma de aumentar a seletividade de herbicidas está o uso de protetores (safeners) (Maciel *et al.*, 2012).

Para a cultura da aveia, é pouco explorado o manejo cultural no controle de plantas daninhas (Schaedler *et al.*, 2009). Neste tipo de manejo destaca-se a habilidade competitiva de cultivares como diferencial para aumentar o manejo de plantas daninhas. Entre as formas de aumentar a habilidade competitiva desta cultura está o uso de reguladores de fitohormônios (Vidal *et al.*, 2012). Outra forma de potencializar o controle de plantas daninhas é visando potencializar a eficácia de herbicidas. A densidade e espécie de plantas daninhas, juntamente com o herbicida utilizado podem influenciar na eficácia no controle destas plantas e, conseqüentemente, impactar a produtividade dos cultivos (Procópio *et al.*, 2003; Oliveira Jr. *et al.*, 2011).

Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar a tolerância de *Phaseolus vulgaris* L. ao herbicida tembotrione; b) avaliar o anidrido naftálico como protetor para aumentar a tolerância do feijão ao tembotrione; c) averiguar as mudanças morfológicas ocorridas com o aumento da densidade de plantas; d) determinar se a densidade de plantas afeta a eficácia de herbicidas; e) investigar se a aplicação sequencial aumenta a eficácia no controle de plantas em alta densidade; f) mensurar a magnitude da competição entre aveia e azevém; g) avaliar a habilidade competitiva de dois genótipos de aveia de porte alto e porte baixo quando em competição com azevém; h) verificar o impacto de inibidores de giberelina em genótipos de aveia com infestação de azevém.

## **1.1 Organização da dissertação**

Esta dissertação está organizada em três capítulos, além da introdução geral e das considerações finais. O capítulo 2 refere-se a seletividade de feijão ao herbicida tembotrione e compreende os experimentos de campo e casa de vegetação (2014 e 2015). No capítulo 3, estão os dados referentes ao aumento da densidade de plantas e a eficácia de herbicidas, compreendendo vários experimentos de casa de vegetação (2014 e 2015) e experimentos de campo de (2015). No capítulo 4 estão agrupados os estudos de competição entre aveia e azevém e o uso de inibidores de giberelina, compreendendo experimentos de casa de vegetação e de campo (2015).

## **1.2 Hipóteses avaliadas**

Foram formuladas diversas hipóteses para serem desenvolvidas nessa dissertação. No capítulo 2 hipotetizou-se que a tolerância das plantas de feijão depende da dose de tembotrione. Além disto, outro pressuposto testado foi de que o anidrido naftálico usado como protetor permite o aumento da tolerância de feijão ao herbicida tembotrione.

No capítulo 3, hipotetizou-se que o aumento da densidade de plantas acarreta em mudanças morfológicas. Outra hipótese foi de que a eficácia do herbicida é dependente da densidade de plantas. E, por fim, que a aplicação sequencial é uma alternativa para controlar plantas daninhas em alta densidade.

Nos estudos desenvolvidos no capítulo 4, objetivou-se avaliar a teoria de que inibidor de ácido giberélico minimiza as modificações morfológicas causadas

pelo aumento da densidade de plantas. Também testou-se a hipótese de que as plantas de aveia são mais competitivas que as plantas de azevém e que a cultivar de porte elevado apresenta maior habilidade competitiva sobre azevém do que a cultivar de porte baixo. Finalmente, teorizou-se que o inibidor de ácido giberélico favorece o rendimento de grãos de aveia branca quando a cultura está em competição com azevém.

### 1.3 Referências bibliográficas

- BARROSO, A. A. M.; YAMAUTI, M. S.; ALVES, P. L. C. A. Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares de feijoeiro em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 609-616, 2010.
- BENIN, G. et al. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 357-365, 2005.
- CECCON, G. et al. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02jan. 2016.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.
- FEDERIZZI, L. C.; PACHECO, M. T.; NAVA, I. C. URS Brava – a new oat cultivar with partial resistance to crown rust. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 197-202, 2015.
- FENNIMORE, S. A. Introduction: the challenges of minor crop weed control, future directions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 22, n. 2, p. 363-363, 2008.
- FAOSTAT: Statistics database [Base de dados]. Rome: FAO, [2014]. Disponível em:<<http://http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 2014.
- MACIEL, C. D. G. et al. Corn seed treatment with naphthalic anhydride against isoxaflutole phytotoxication action. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 612-616, 2012.
- MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas sobre *B. pilosa* e *I. quamoclit* em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 563-570, 2009.

- NUNES, A. L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.
- OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 362p.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Seletividade do S-metolachlor a cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 150-157, 2003.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Potencial de uso dos herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr e cloransulam-methyl na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa v. 27, n. 2, p. 327-336, 2009.
- PYNENBURG, G. M. et al. The interaction of annual weed and white mold management systems for dry bean production in Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 91, n. 3, p. 587-598, 2011.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997, 589 p.
- SALGADO, T. P. et al. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.
- SCHAEDLER, C. E. et al. Características morfológicas em plantas de cultivares de aveia como indicadores do potencial competitivo com plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1313-1319, 2009.
- SHARAREH, H. A. et al. Effect of imazamox plus bentazon on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Protection**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 1491-1494, 2008.
- SIKKEMA, P. H. et al. Integrated weed management in white bean production. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 88, n. 1, p. 1-7, 2008.
- SILVA, A. A. et al. Biologia de Planta Daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007, 318p.
- SOLTANI, N. et al. Weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) with dimethanamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 739-745, 2007.
- SOLTANI, N. et al. Response of pinto and small red Mexican beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to preplant-incorporated herbicides. **Weed Biology and Management**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 25-30, 2008.
- SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. H. Weed control and sensitivity of oats (*Avena sativa*) with various doses of saflufenacil. **Crop Protection**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 45-49, 2012.

TAFERNABERRI Jr, V. et al. Avaliação agronômica de linhagens de aveia-branca em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 41-51, 2012.

VIDAL, R. A. et al. Initialism as a mechanism of weed interference: can a crop plant be blinded? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 469-475, 2012.

ZANATTA, J. F. et al. Interferência de plantas daninhas em culturas olerícolas. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 39-57, 2006.

## **CAPÍTULO 2**

**Tolerância da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao herbicida tembotrione**

## **CAPÍTULO 2 – TOLERÂNCIA DA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) AO HERBICIDA TEMBOTRIONE**

### **RESUMO**

A presença de plantas daninhas em culturas como o feijoeiro causam grandes prejuízos ao crescimento e produtividade do cultivo. O manejo químico se destaca pela eficiência, mas nesta cultura há poucos produtos registrados para estão controle de espécies dicotiledôneas. Os objetivos deste trabalho foram averiguar a tolerância de feijão ao tembotrione quando aspergido em pós emergência e avaliar se anidrido naftálico incrementa a seletividade desse herbicida à cultura. Os experimentos foram conduzidos a campo (safra 2014/2015) e em casa de vegetação (2015) utilizando-se a cultivar de feijão IAC Imperador. Para o experimento em campo foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. O tratamento utilizado foi com o herbicida tembotrione (nas doses 0; 10,5; 21,0; 31,5; 42,0; 52,5 e 105,0 g L<sup>-1</sup>). No experimento em casa de vegetação foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com arranjo bi-fatorial dos tratamentos e três repetições. O fator A consistiu das doses do herbicida tembotrione (0; 4,2; 10,5; 14,7; 21; 31,5 e 52,5 g ha<sup>-1</sup>) e o fator B de doses de anidrido naftálico (0 e 5,0 g kg<sup>-1</sup> de sementes). O herbicida tembotrione causou grande injúria às plantas de feijão, reduzindo o rendimento de grãos e a massa das plantas conforme o aumento da dose. Mesmo com o uso do protetor anidrido naftalico não houve incremento da tolerância em nenhuma das doses utilizadas. O efeito de tembotrione nas plantas de feijão é dependente da dose utilizada. Há morte de plantas e perda de produtividade de grãos quando o herbicida é aplicado em dose superior a 10,5 g ha<sup>-1</sup>. Anidrido naftalico não aumentou a tolerância do feijoeiro ao herbicida tembotrione.

## CHAPTER 2 – COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) TOLERANCE TO TEMBOTRIONE HERBICIDE

### ABSTRACT

The presence of weeds on crops such as common beans decreases the plant growth and productivity. Chemical weed management is widely used, but in this crop there are few herbicide registered for broad leaved weed control. The objectives of this work were to determine the common bean tolerance to tembotrione sprayed in post-emergence and to evaluate whether anhydride naphthalic could increase the common bean tolerance to the herbicide. Field (season 2014/2015) and greenhouse (2015) experiments were conducted with the common bean cultivar IAC Emperor beans. On the field experiment, the experimental was a randomized block design with four replicates. The treatments included tembotrione at 0; 10.5; 21.0; 31.5; 42.0; 52.5 and 105.0 g L<sup>-1</sup>. The greenhouse experiment was conducted in a completely randomized design, bi-factorial arrangement of treatments and three repetitions. The factor A consisted of doses of the herbicide tembotrione (0; 4.2; 10.5; 14.7; 21; 31.5 to 52.5 g ha<sup>-1</sup>) and factor B of anhydride naphthalic at 0 and 5.0 g kg<sup>-1</sup> seed. The herbicide tembotrione caused great injury to bean plants, reducing grain yield and plant mass proportional to the dose tested. The use of the safener naphthalic anhydride did not increase the crop tolerance to any of the doses used. The selectivity of tembotrione to common bean plants is dose dependent. There were plant death and grain yield loss when the herbicide was applied at doses superior to 10.5 g ha<sup>-1</sup>. Anhydride naphthalic used on common bean did not increase the crop tolerance to the herbicide tembotrione.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas em culturas agrícolas causa prejuízos ao crescimento e produtividade destas, pois competem por luz, nutrientes, água e espaço, além de exercerem pressão alelopática e de serem hospedeiras secundárias de doenças e insetos (Pitelli, 1987). O manejo de plantas daninhas é crucial para evitar queda de rendimento e garantir a máxima produtividade dos cultivos (Silva *et al.* 2009; Curcelli *et al.* 2010). Entre os cultivos que mais carecem do controle de plantas daninhas está a cultura do feijoeiro, por apresentar baixa capacidade competitiva, o que expõe a cultura a intensa interferência dessas plantas (Machado *et al.*, 2015). No Brasil, estima-se perdas médias da ordem de 25% do rendimento de grãos de feijão, o que equivale a R\$ 1 bilhão de reais anualmente (Vidal *et al.*, 2010).

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie cultivada no Brasil, sendo um dos principais alimentos consumidos pela população (Tavares *et al.*, 2013). Na safra 2012/13 a área cultivada com esta cultura foi de mais de 3 milhões de ha, com produtividade média de 913 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). A competição de plantas daninhas com o feijoeiro constitui um dos principais fatores da baixa produtividade que a cultura apresenta (Ferreira *et al.*, 2006). A cultura do feijoeiro apresenta ciclo curto e baixo sombreamento do solo, fatos que a deixam bastante sensível à competição com plantas infestantes, sobretudo nas fases

iniciais do desenvolvimento (Comissão, 2012). Os principais efeitos dessa competição são a redução na produtividade da cultura e o aumento nos custos de controle (Cieslik, 2012).

Entre as formas de controle de infestantes, o controle químico se destaca pela elevada eficácia no controle de plantas daninhas, o alto rendimento operacional e a redução de custos, em comparação com os métodos de controle mecânico e manual (Procópio *et al.*, 2001). O controle químico consiste no método mais utilizado no feijoeiro para o manejo de plantas daninhas (Takano *et al.*, 2015). Contudo, há baixa disponibilidade de herbicidas pós-emergentes registrados para a cultura do feijão no Brasil. Por exemplo, o número de herbicidas registrados para o controle de planta daninhas magnoliopsidas na cultura de feijão inclui apenas seis ingredientes ativos distribuídas em três mecanismos de ação distintos (inibidores do FSII, inibidor da ALS e inibidor da Protox) (Brasil, 2015). Este valor contrasta com as opções registradas para a cultura da soja, a qual contém 16 ingredientes ativos herbicidas (Procópio *et al.*, 2009). Além disso, essa limitação de herbicidas registrados acarreta no menor espectro de controle de plantas daninhas, além de favorecer a seleção de plantas resistentes (Takano *et al.*, 2015).

Entre os mecanismos de ação existentes, uma boa opção para incrementar no manejo de plantas daninhas no feijoeiro estão os inibidores de carotenoides (devido ao fato de não haver herbicidas deste mecanismo de ação registrados para a cultura). Os herbicidas presentes nesse grupo são responsáveis pela inibição da biossíntese de carotenoides, impedindo a dissipação do excesso de energia absorvido, acarretando na foto-oxidação das clorofilas e perda da pigmentação verde das folhas (Abendroth *et al.*, 2006). Uma das mais recentes moléculas herbicidas desse grupo é o tembotrione, o qual atua na pré-

emergência e pós-emergência (Mitchell *et al.*, 2001; O'Sullivan *et al.*, 2002). Tembotrione atua inibindo a enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD), acarretando na diminuição dos níveis de plastoquinona, resultando na depleção de carotenoides (Wichert *et al.*, 1999). Esta molécula é muito eficaz no controle de uma série de importantes plantas daninhas de folhas largas e gramíneas anuais incluindo *Abutilon theophrasti* M., *Amaranthus retroflexus* L., *Bidens pilosa* L., *Chenopodium album* L., *Commelina benghalensis* L., *Ipomoea* spp., *Polygonum pensylvanicum* L., *Solanum* spp., *Xanthium strumarium* L. e *Digitaria* spp. (O'Sullivan *et al.*, 2002; Chikoye *et al.*, 2009; Monquero *et al.*, 2009).

A seletividade de herbicida a cultura pode ser melhorada com a utilização de protetores (Maciel *et al.*, 2012). Protetores são compostos químicos que aumentam a habilidade das culturas em detoxificar herbicidas, por uma variedade de mecanismos, como o aumento da atividade de enzimas monooxigenases (citocromos P-450), glutatona S-transferases (GSTs), esterases e UDP glicosiltransferases (Abu-Qare e Duncan, *et al.*, 2002). Entre os protetores existentes, o anidrido naftálico é considerado um dos mais versáteis, por demonstrar baixa especificidade botânica e protege a cultura de uma série de mecanismo de ação de herbicidas (Abu-Qare e Duncan, *et al.*, 2002; Maciel *et al.*, 2012).

Visando os aspectos já citados objetivou-se com este trabalho averiguar a tolerância de *Phaseolus vulgaris* L. a aspersão em pós-emergência de tembotrione e se o uso de anidrido naftálico aspergido como protetor pode aumentar a tolerância do feijoeiro.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos nos anos de 2014 e 2015. O primeiro experimento foi conduzido no campo da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, RS. Neste experimento investigou-se a tolerância de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar IAC Imperador ao herbicida tembotrione.

O experimento realizado na casa de vegetação do Laboratório da Flora Ruderal (LAFLOR), pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), situada em Porto Alegre, RS, teve como finalidade avaliar o uso de protetor (anidrido naftálico) sobre a tolerância da cultivar de feijão IAC Imperador ao tembotrione. Os detalhes da metodologia utilizada em cada experimento são detalhados a seguir.

### 2.2.1 Experimento de campo

O experimento foi conduzido durante a safra 2014/15. O solo da área de instalação do experimento é classificado como Argissolo Vermelho Escuro distrófico, textura franco-areno-argilosa, com 34% de argila. O sistema de manejo de solo utilizado foi o de semeadura convencional com revolvimento do solo, com a adubação recomendada para a cultura.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas de área de 10 m<sup>2</sup>, sendo 5 m de comprimento e 2 m de largura. A semeadura foi realizada em 9 de outubro de 2014, sendo usada a cultivar IAC Imperador. A densidade de semeadura foi de 25 sementes por metro quadrado. A adubação antes da semeadura foi realizada conforme indicado pela análise de solo. A adubação nitrogenada foi realizada em

duas aplicações de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo a primeira feita quando as plantas estavam no estágio de três folhas e a segunda aplicação com seis folhas. O controle de pragas foi realizado aos 27 e 49 dias após a semeadura (DAS), utilizando-se  $125 \text{ mL ha}^{-1}$  do inseticida Engeo Pleno® (tiametoxan ( $141 \text{ g L}^{-1}$ ) + lambda-cialotrina ( $106 \text{ g L}^{-1}$ )). Para o controle de plantas daninhas, foram utilizados  $2 \text{ L ha}^{-1}$  do herbicida Trifluralina Milenia® (trifluralina ( $455 \text{ g L}^{-1}$ )), aspergido em pré-emergência da cultura (0 DAS). O herbicida Robust® (fluazifop-p-butílico ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ) + fomesafen ( $250 \text{ g L}^{-1}$ )), na dose de  $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ , foi utilizado aos 27 DAS. Aos 53 e 60 DAS foi realizada uma capina em todo o experimento.

O herbicida tembotrione (Soberan®, ( $420 \text{ g L}^{-1}$ )), nas doses de 0; 10,5; 21,0; 31,5; 42,0; 52,5 e  $105,0 \text{ g ha}^{-1}$ , foi aspergido quando as plantas estavam em média no estágio de uma folha unifoliolada (V1). A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal pressurizado com  $\text{CO}_2$  comprimido, contendo barra com ponta do tipo 110.02XR, pressão de 200 kPa, proporcionando volume de calda equivalente a  $160 \text{ L ha}^{-1}$  e adição de 0,1% v/v do adjuvante Aureo®. Durante a aspersão dos herbicidas a temperatura média foi de  $28^\circ\text{C}$  e a umidade relativa do ar de 50%.

Aos 4, 9, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) foi realizada a avaliação da tolerância em função das doses do tembotrione. A tolerância ao herbicida foi avaliada através de escala visual, atribuindo-se notas conforme o sintoma apresentado pelas plantas. As notas de tolerância relativa estavam compreendidas entre 0 (ausência de tolerância) e 100 (tolerância total). Entre esses valores extremos, os demais valores corresponderam à magnitude dos sintomas detectados nas plantas: redução das dimensões dos entrenós e folhas das plantas, descoloração, clorose e necrose dos tecidos foliares e meristemas. Aos 14, 21 e 28 DAA determinou-se o número de folhas por planta em cada

parcela. Aos 14 DAA foi avaliado em escala percentual o controle de plantas infestantes (eudicotiledôneas e monocotiledôneas) em cada parcela. A colheita ocorreu no dia 8 de janeiro de 2015, sendo realizada a contagem de plantas por parcela, estimado o rendimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e calculada a queda do rendimento (% em relação a testemunha).

Os dados do número de folhas foram convertidos em porcentagem em relação à média de folhas das parcelas sem aplicação de tembotrione (% em relação à testemunha). A partir da contagem de plantas aos 7 DAE e 82 DAE se obteve a sobrevivência de plantas em função das doses do herbicida (% em relação a testemunha). Com os dados da regressão obtida da queda do rendimento e a partir da equação 1, se obteve a máxima dose de herbicida antes da perda na produtividade do feijoeiro (MDAP).

$$\text{MDAPP} = \text{QR} * \text{D}_{50} / (\text{a} - \text{QR}) \quad \text{Equação 1}$$

### 2.2.2 Experimento de casa de vegetação

Foram utilizados recipientes plásticos com capacidade para 500 mL e contendo substrato na proporção de 2:1:1 (50% de solo + 25% de areia + 25% casca de arroz carbonizada). Para cada 20 kg de substrato a ser utilizado adicionou-se 24 g de adubo na formulação 5-20-30 de N-P-K. Foram colocadas duas sementes por vaso. Após a emergência das plântulas realizou-se o desbaste, mantendo-se uma planta por vaso. Os recipientes eram perfuradas e foram mantidos em bandeja plástica contando água para irrigação por capilaridade.

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e maio de 2015. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições. O arranjo

dos tratamentos foi o bi-fatorial, sendo que os fatores consistiram das doses do herbicida tembotrione e doses do protetor anidrido naftálico. As doses do herbicida tembotrione foram 0; 4,2; 10,5; 14,7; 21; 31,5 e 52,5 g ha<sup>-1</sup>. O protetor anidrido naftálico foi utilizado nas doses de 0 e 5,0 g kg<sup>-1</sup> de sementes. As plantas reagentes foram o feijoeiro, cultivar IAC Imperador.

O herbicida tembotrione foi aspergido aos 8 dias após a emergência do feijoeiro (DAE; plantas em média no estágio V1), utilizando pulverizador e condições conforme especificações (pontas de pulverização, pressão hidráulica, volume de calda e adjuvante) já descritas anteriormente (item 2.2.1).

As avaliações dos efeitos dos tratamentos incluíram as variáveis tolerância, estatura, número de folhas e massa seca das plantas de feijoeiro. A tolerância relativa foi realizada aos 7, 14 e 21 DAA, conforme procedimento já descrito no experimento de campo (item 2.2.1). A estatura e número de folhas de plantas foram realizada aos 7, 14 e 21 DAA, respectivamente. Os dados obtidos foram convertidos em valores percentuais em relação às plantas não aspergidas com herbicida (% em relação a testemunha). Aos 21 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas para determinação da massa seca após a desidratação da mesma, a qual foi realizada em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C, durante sete dias. A massa da parte aérea seca foi convertida em valor percentual em relação às plantas não aspergidas com herbicida (% em relação a testemunha).

### **2.2.3 Análise estatística**

Os dados obtidos dos experimentos foram submetidos à análise de variância e quando o teste F foi significativo para tratamentos ou interações, foram ajustadas equações de regressão aos dados. As equações de regressão

foram utilizadas para ajustar aos dados os modelos lineares ou não lineares, conforme a variável em estudo, utilizando-se o software Sigma Plot 11. Quando possível, estimou-se a dose do herbicida que proporcionou 50% de redução nas variáveis avaliadas nos genótipos ( $D_{50}$ ). Para os cálculos, considerou-se a dose do herbicida como fator independente e as variáveis de estatura ou massa da parte aérea seca (ou outras variáveis) como fator dependente.

## **2.3 RESULTADOS**

### **2.3.1 Experimento de campo**

Na análise de variância dos dados de tolerância (% em relação a testemunha), avaliada aos 4, 9, 14, 21 e 28 DAA, foi identificado efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para doses do herbicida tembotrione. A equação logística propiciou ajuste adequado para a regressão entre a dose do herbicida e os dados médios de tolerância relativa (Figura 2.1 e Tabela 2.1).

Com a exceção dos dados avaliados aos 14 DAA, todas as curvas demonstraram diminuição do nível de tolerância para as demais doses, em relação à dose 0 g ha<sup>-1</sup>. Na curva ajustada para a avaliação realizada aos 4 DAA não encontraram-se diferenças entre as doses 10,5 e 105 g ha<sup>-1</sup>. Aos 9 DAA as plantas aspergidas nas doses 10,5 e 21 g ha<sup>-1</sup> demonstraram maior tolerância em relação ao incremento de doses do herbicida. As plantas aspergidas com tembotrione na dose 10,5 g ha<sup>-1</sup> aos 14, 21 e 28 DAA apresentaram maior tolerância que a verificada nas doses subsequentes. Nas épocas de avaliação 9, 14, 21 e 28 DAA a menor tolerância de plantas foi encontrada na dose de 105 g ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.1).

Todas as curvas diferiram nas doses 42,0; 52,5 e 105,0 g ha<sup>-1</sup>. A D<sub>50</sub> para a variável tolerância avaliada aos 14, 21 e 28 DAA foi 40, 21 e 28 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2.1).

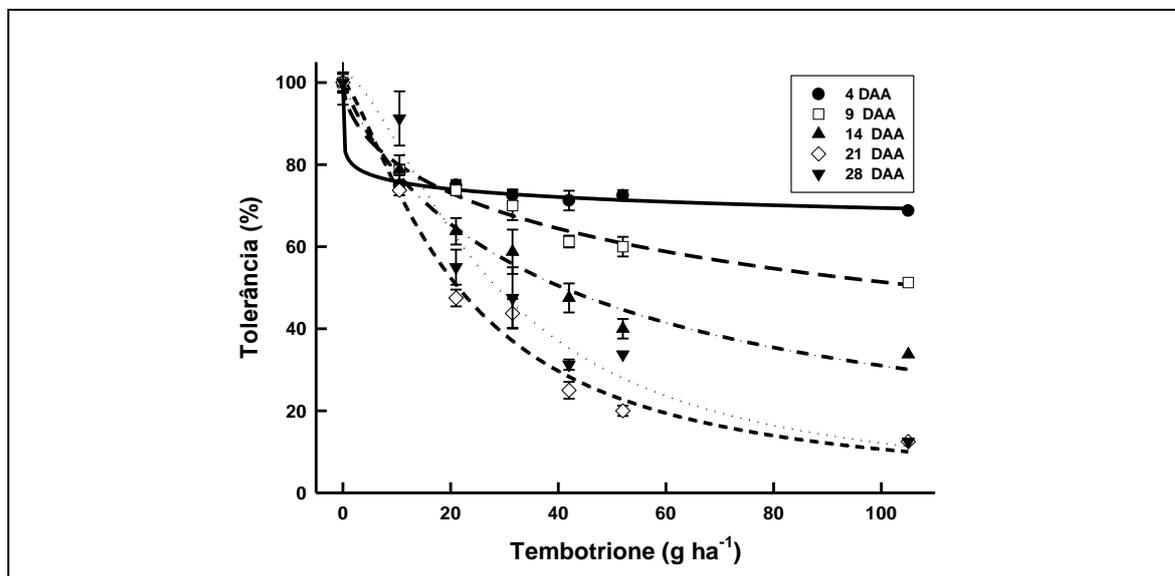


FIGURA 2.1 Tolerância de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

TABELA 2.1 Equações de regressão usadas para determinar o efeito do herbicida tembotrione na cultivar de feijão 'IAC Imperador'. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

<sup>1</sup> DAA	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					
	a	b	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	Equação
<b>-----Tolerância-----</b>						
<b>4</b>	99,99(0,58)**	0,14(0,03)**	99,11	<0,01	-	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>9</b>	99,94(1,14)**	0,59(0,57)**	98,44	<0,01	-	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>14</b>	100,46(1,99)**	0,89(0,10)**	97,74	<0,01	40,40	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>21</b>	100,13(2,57)**	1,38(0,16)**	97,79	<0,01	21,42	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>28</b>	102,39(3,68)**	1,56(0,26)**	95,98	<0,01	27,82	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>-----Folhas-----</b>						
<b>14</b>	100,15(5,17)**	0,79(0,14)**	95,76	<0,01	26,16	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>21</b>	100,76(3,46)**	1,18(0,12)**	98,63	<0,01	20,44	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>28</b>	100,71(4,16)**	0,80(0,12)**	97,18	<0,01	26,10	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>-----Controle de plantas daninhas-----</b>						
<b>14 D<sup>2</sup></b>	53,66(3,41)**	0,11(0,02)**	89,08	<0,01	-	$y=a*(1+x)^b$
<b>14 G<sup>3</sup></b>	36,75(9,56)*	0,19(0,07)*	61,41	<0,05	-	$y=a*(1+x)^b$
<b>-----Sobrevivência de plantas-----</b>						
<b>79</b>	103,51(8,45)**	1,91(0,48)*	93,41	<0,01	29,25	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>-----Queda do rendimento-----</b>						
<b>79</b>	129,67(34,03)**	43,04(24,21) <sup>ns</sup>	88,21	<0,01	27,02	$y=a*x/(b+x)$

#EP = erro padrão da estimativa dos parâmetros; \* indica P<0,05; \*\* indica P< 0,01; <sup>ns</sup> = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na cultura.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação

<sup>2</sup> Eudicotiledôneas

<sup>3</sup> Gramíneas

Para a variável número de folhas, avaliados aos 14, 21 e 28 DAA, a análise de variância constatou efeito ( $p<0,01$ ) de doses do tembotrione. A regressão entre as doses e o número de folhas apresentou ajuste para a equação logística decrescente (Figura 2.2 e Tabela 2.1). Com o incremento da dose do herbicida, houve redução do número de folhas das plantas de feijão.

As épocas de avaliações diferiram entre si apenas nas doses 42 e 105 g ha<sup>-1</sup>. Na avaliação realizada aos 21 DAA, as plantas aspergidas com o herbicida na dose de 105 g ha<sup>-1</sup>, apresentaram menor número de folhas em relação à

testemunha. O  $D_{50}$  para o tembotrione foi 26, 20 e 26  $\text{g ha}^{-1}$ , respectivamente, para a variável número de folhas das plantas quando avaliadas aos 14, 21 e 28 DAA (Tabela 2.1).

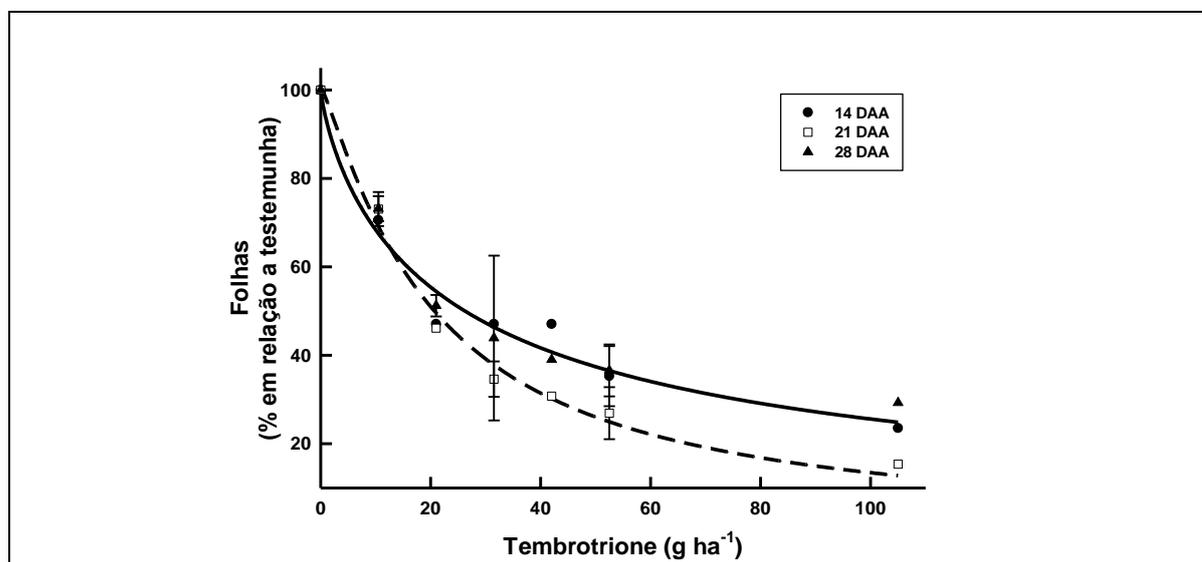


FIGURA 2.2 Número de folhas de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

Para a variável sobrevivência de plantas, detectou-se diferença ( $p < 0,01$ ) entre as doses do tembotrione. A equação logística de regressão entre essas variáveis foi a que apresentou melhor ajuste aos dados (Figura 2.3 e Tabela 2.1).

A maior sobrevivência de plantas foi encontrada nas parcelas testemunha não aspergidas ou quando o tembotrione foi utilizado na dose de  $10,5 \text{ g ha}^{-1}$ . O menor valor de sobrevivência de plantas foi constatado quando tembotrione foi aspergido na dose  $105 \text{ g ha}^{-1}$ . O valor de  $D_{50}$  para a variável sobrevivência de plantas foi  $29 \text{ g ha}^{-1}$  (Figura 2.3)

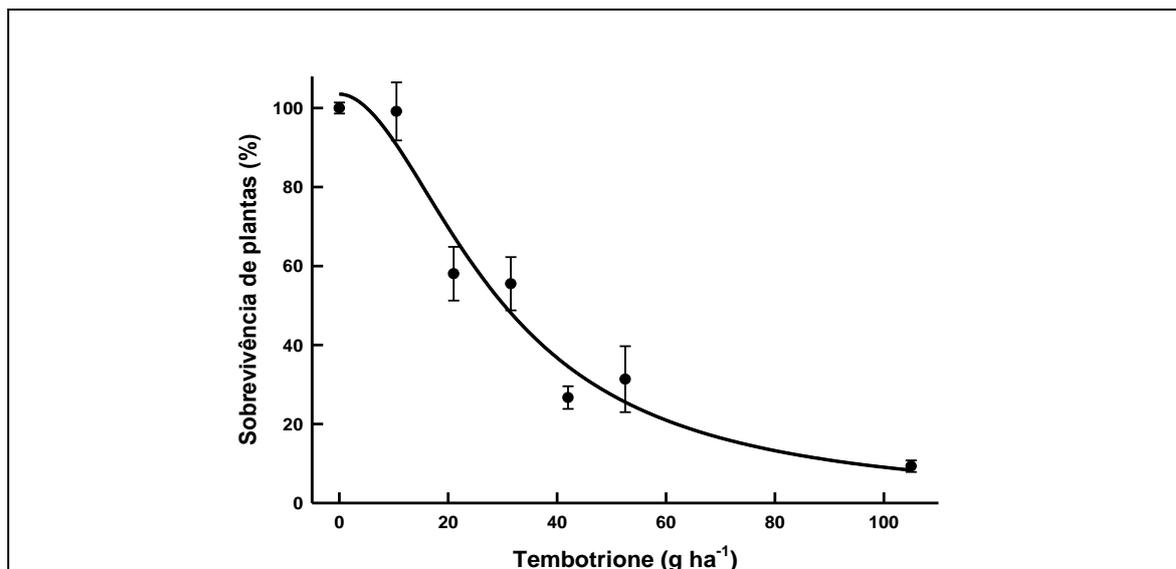


FIGURA 2.3 Sobrevivência de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

Nas variáveis controle de plantas daninhas eudicotiledôneas e gramíneas, constataram-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) de doses do herbicida tembotrione. A regressão entre dose do herbicida e controle de plantas daninhas ajustou-se para a equação potência (Figura 2.4 e Tabela 2.1). Conforme o aumento das doses de tembotrione, houve maior controle das plantas daninhas (eudicotiledôneas e gramíneas). As plantas gramíneas apresentaram infestação desigual entre as parcelas, o que explica a elevada variabilidade observada (Figura 2.4).

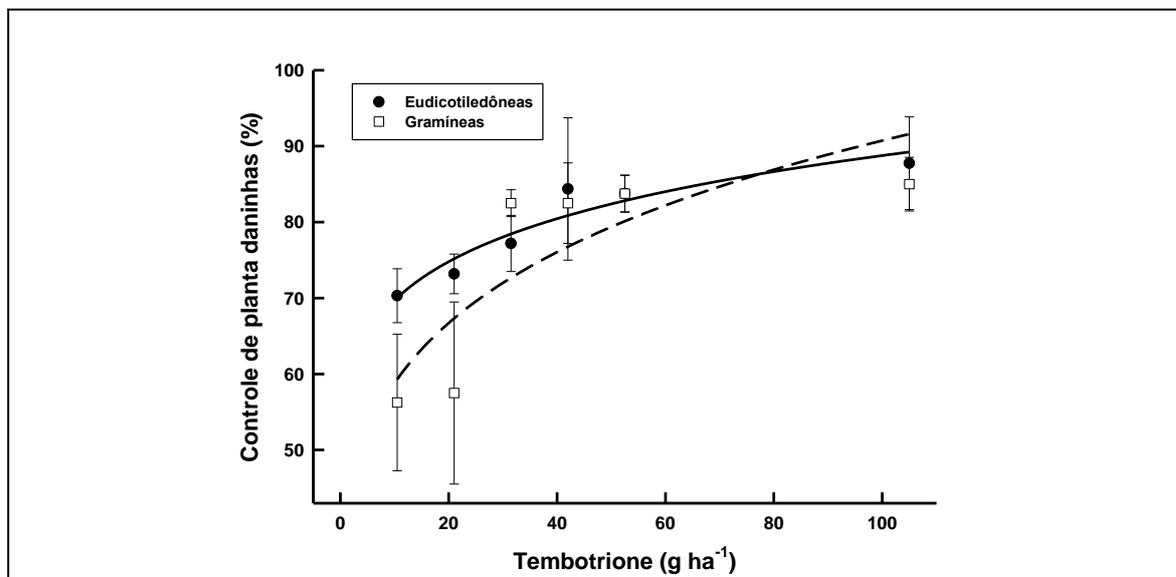


FIGURA 2.4 Controle de plantas daninhas em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

Na variável queda do rendimento de grãos foi detectado efeito ( $p < 0,01$ ) de doses do herbicida tembotrione. A equação hipérbole retangular apresentou ajuste para a regressão entre doses e queda do rendimento de grãos de feijão (Figura 2.5 e Tabela 2.1). As menores quedas de rendimento de grãos do feijoeiro foram encontrados nos tratamentos com 0 e 10,5 g ha<sup>-1</sup> de tembotrione e a maior perda da produtividade foi detectada na dose 105 g ha<sup>-1</sup>. O D<sub>50</sub> foi de 27,02 g ha<sup>-1</sup> para a variável queda do rendimento de grãos.

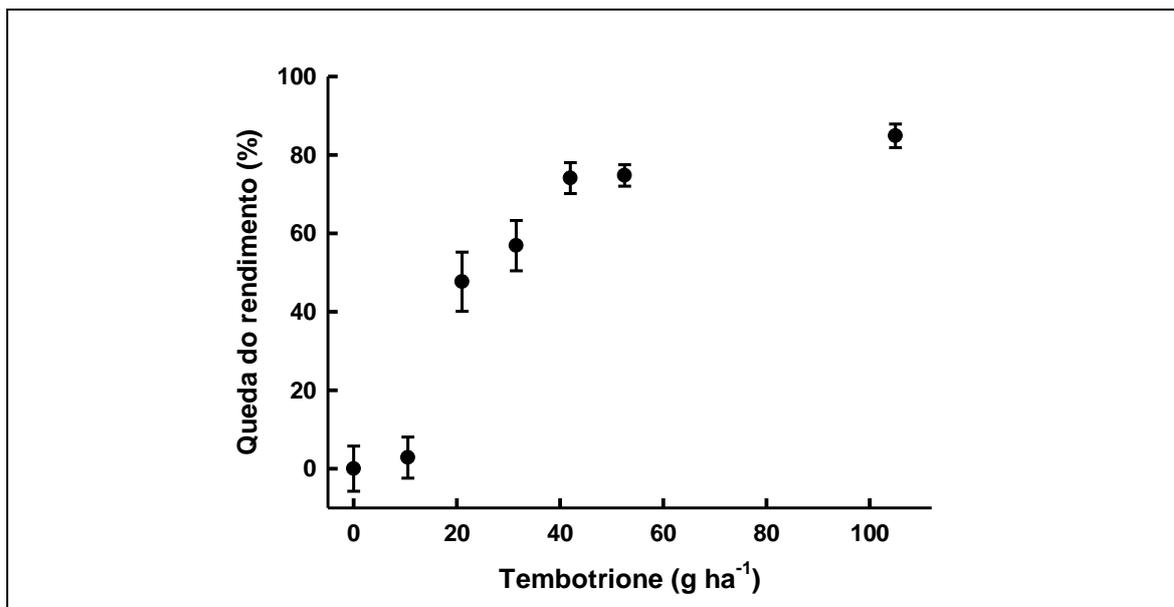


FIGURA 2.5 Queda do rendimento (%) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na tabela 2.1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

Alterando-se a posição dos eixos de forma a assumir a perda do rendimento como variável independente e a dose do herbicida como variável dependente permite estimar a máxima dose de herbicida antes de se detectar perda econômica (Equação 1). Por exemplo, assumindo-se que as plantas daninhas causem prejuízo de 20% na produtividade da cultura, então a máxima dose de tembotrione a ser utilizada seria 10 g ha<sup>-1</sup> (Figura 2.6).

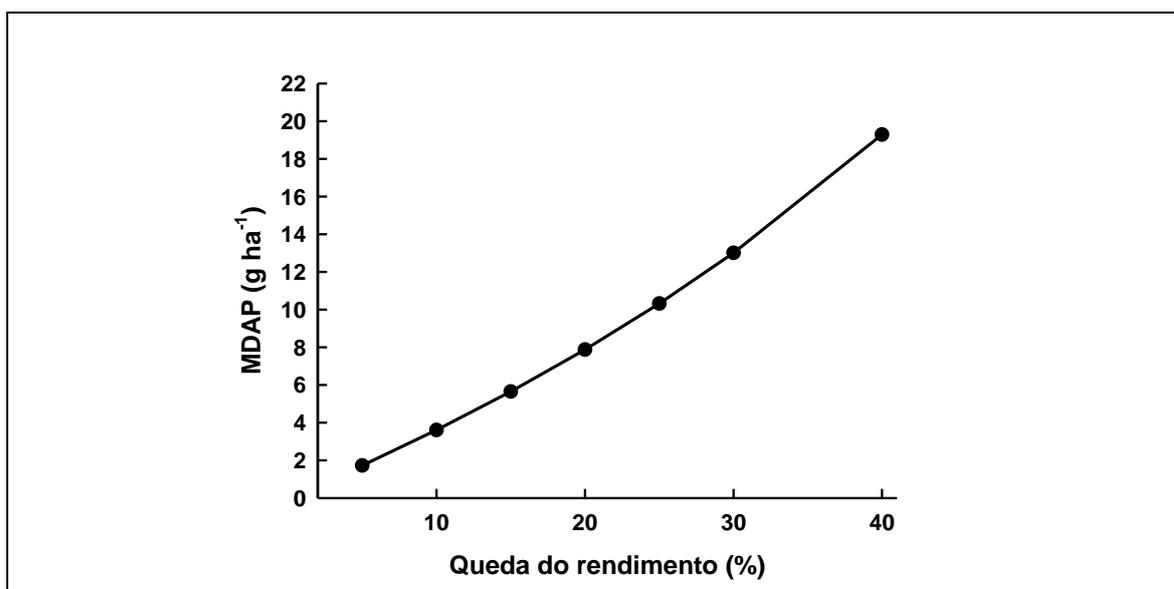


FIGURA 2.6 Máxima dose de herbicida antes da perda na produtividade (MDAP) ( $\text{g ha}^{-1}$ ) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador em função das doses do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência. Equação 1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

### 2.3.2 Experimento em casa de vegetação

A análise de variância para a variável tolerância de plantas apresentou efeito ( $p < 0,01$ ) entre as doses de tembotrione. A equação logística proporcionou ajuste para a regressão entre tolerância e doses de tembotrione, em cada uma das duas condições de protetor (Figura 2.7 A, B, C; Tabela 2.2).

A maior e a menor tolerância de plantas ao herbicida tembotrione sem protetor foram encontradas nas doses 0 e  $52,5 \text{ g ha}^{-1}$ , respectivamente em todas as épocas de avaliação. O valor de  $D_{50}$  para tolerância de plantas sem protetor foi 37, 32 e  $29 \text{ g ha}^{-1}$  aos 7, 14 e 21 DAA, respectivamente (Tabela 2.2).

Numericamente a maior tolerância de plantas com protetor, em todas as épocas de avaliação, foi obtida na dose  $10,5 \text{ g ha}^{-1}$ . Aos 7 DAA observou-se grande variabilidade dos dados de tolerância de plantas. A menor tolerância de plantas foi observada na dose  $52,5 \text{ g ha}^{-1}$  aos 14 e 21 DAA. O valor de  $D_{50}$  foi de 30, 31 e  $29 \text{ g ha}^{-1}$  para a variável tolerância de plantas com protetor.

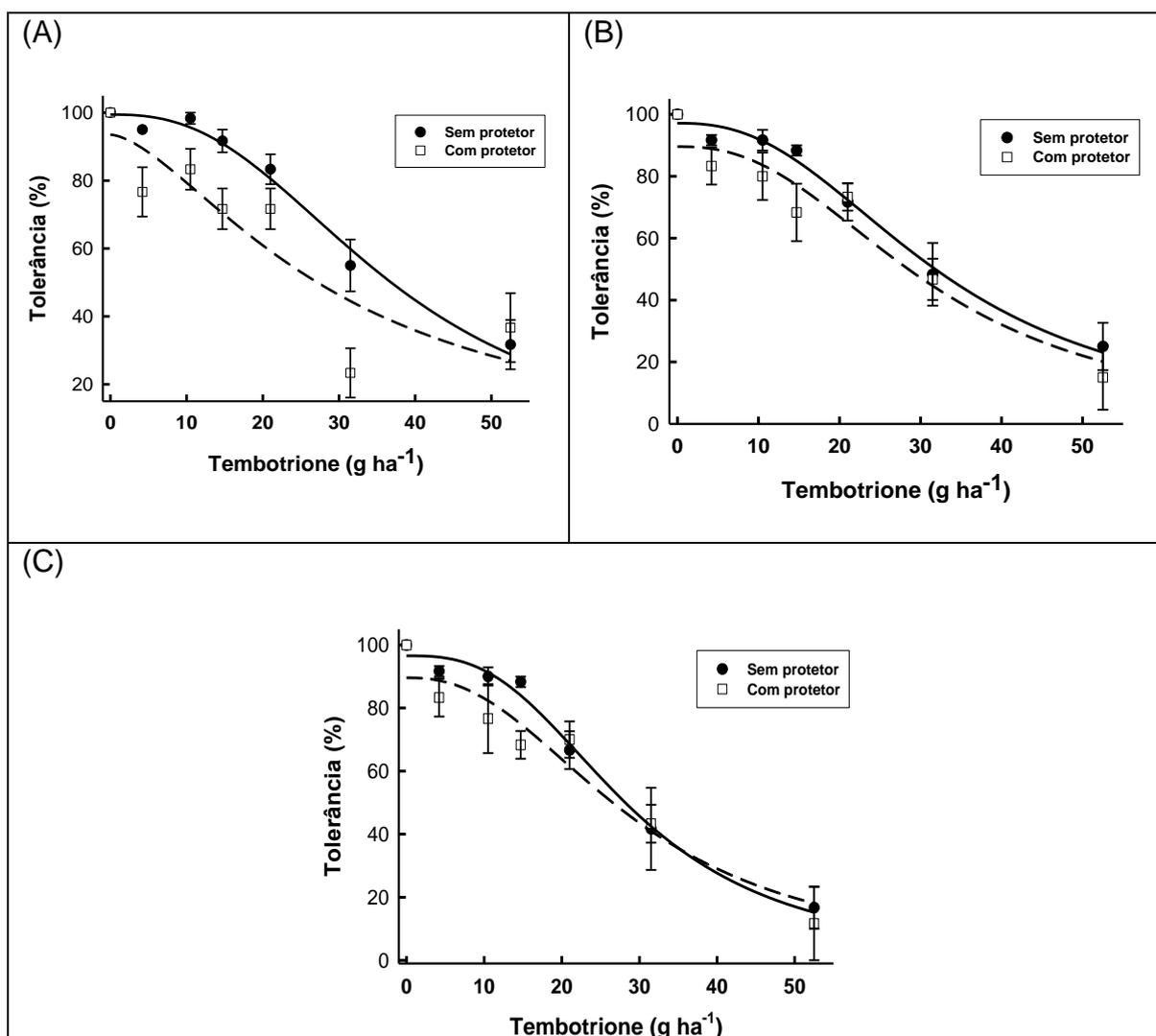


FIGURA 2.7 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 7 DAA (A), 14 DAA (B) e 21 DAA (C). Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

TABELA 2.2 Equações de regressão usadas para determinar o efeito do herbicida tembotrione na cultivar de feijão 'IAC Imperador', sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico (NA)). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> NA	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					
		a	b	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	Equação
<b>----- Tolerância -----</b>							
7	0	99,43(2,58)**	2,56(0,34)**	97,65	<0,01	37,00	$y=a/1+(x/x_0)^b$
7	5	93,48(12,70)**	1,59(0,82) <sup>ns</sup>	67,65	<0,05	29,64	$y=a/1+(x/x_0)^b$
14	0	97,14(2,45)**	2,44(0,28)**	98,29	<0,01	32,58	$y=a/1+(x/x_0)^b$
14	5	89,56(6,29)**	2,41(0,74)*	89,38	<0,01	31,38	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	0	96,58(2,54)**	2,81(0,33)**	98,47	<0,01	28,89	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	5	89,59(6,42)**	2,36(0,71)*	90,21	<0,01	29,30	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>----- Estatura -----</b>							
14	0	98,82(6,52)**	0,58(0,17)*	88,72	<0,01	33,58	$y=a/1+(x/x_0)^b$
14	5	100,07(3,40)**	0,21(0,07)*	96,09	<0,01	57,71	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	0	98,14(7,52)**	0,70(0,21)*	87,37	<0,01	27,67	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	5	100,05(0,96)**	0,35(0,02)**	99,73	<0,05	27,17	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>----- Folhas -----</b>							
21	0	99,37(6,83)**	0,44(0,16) <sup>ns</sup>	86,07	<0,01	41,35	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	5	100,26(4,61)**	0,84(0,14)**	95,77	<0,01	23,33	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>----- Massa da parte aérea seca -----</b>							
21	0	99,05(7,65)**	1,08(0,24)*	93,38	<0,01	11,27	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	5	99,92(4,79)**	0,67(0,13)**	97,42	<0,01	3,44	$y=a/1+(x/x_0)^b$

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,05; \*\* indica P< 0,01; <sup>ns</sup> = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na cultura.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> Anidrido naftálico, usado nas doses 0 e 5 g por kg de semente.

Na análise de variância para a variável estatura de plantas, constatou-se significância (p<0,01 e p<0,05), nas avaliações aos 14 e 21 DAA entre os fatores doses de tembotrione e doses do protetor. A equação logística ajustou a regressão da dose de tembotrione aos dados avaliados aos 14 e 21 DAA (Figura 2.8 A e B; Tabela 2.2).

A maior estatura das plantas foi encontrada nas plantas sem aspersão do herbicida em ambas as condições de protetor (em todas as épocas de avaliação).

As plantas sem protetor com a menor estatura foram identificadas quando aspergido na dose de 52,5 g ha<sup>-1</sup> (aos 14 e 21 DAA). O valor de D<sub>50</sub> foi de 34 e 28 g ha<sup>-1</sup> aos 14 e 21 DAA para a variável estatura de plantas sem protetor.

As plantas com protetor aspergidas com tembotrione apresentaram grande variabilidade na variável estatura em todas as épocas de avaliação. O D<sub>50</sub> observado para a variável estatura de plantas com protetor foi de 58 e 27 g ha<sup>-1</sup> aos 14 e 21 DAA. As curvas sem e com protetor da variável estatura de plantas se diferenciaram nas doses 14,7 g ha<sup>-1</sup> (em todas as épocas de avaliação) e 52,5 g ha<sup>-1</sup> (14 DAA).

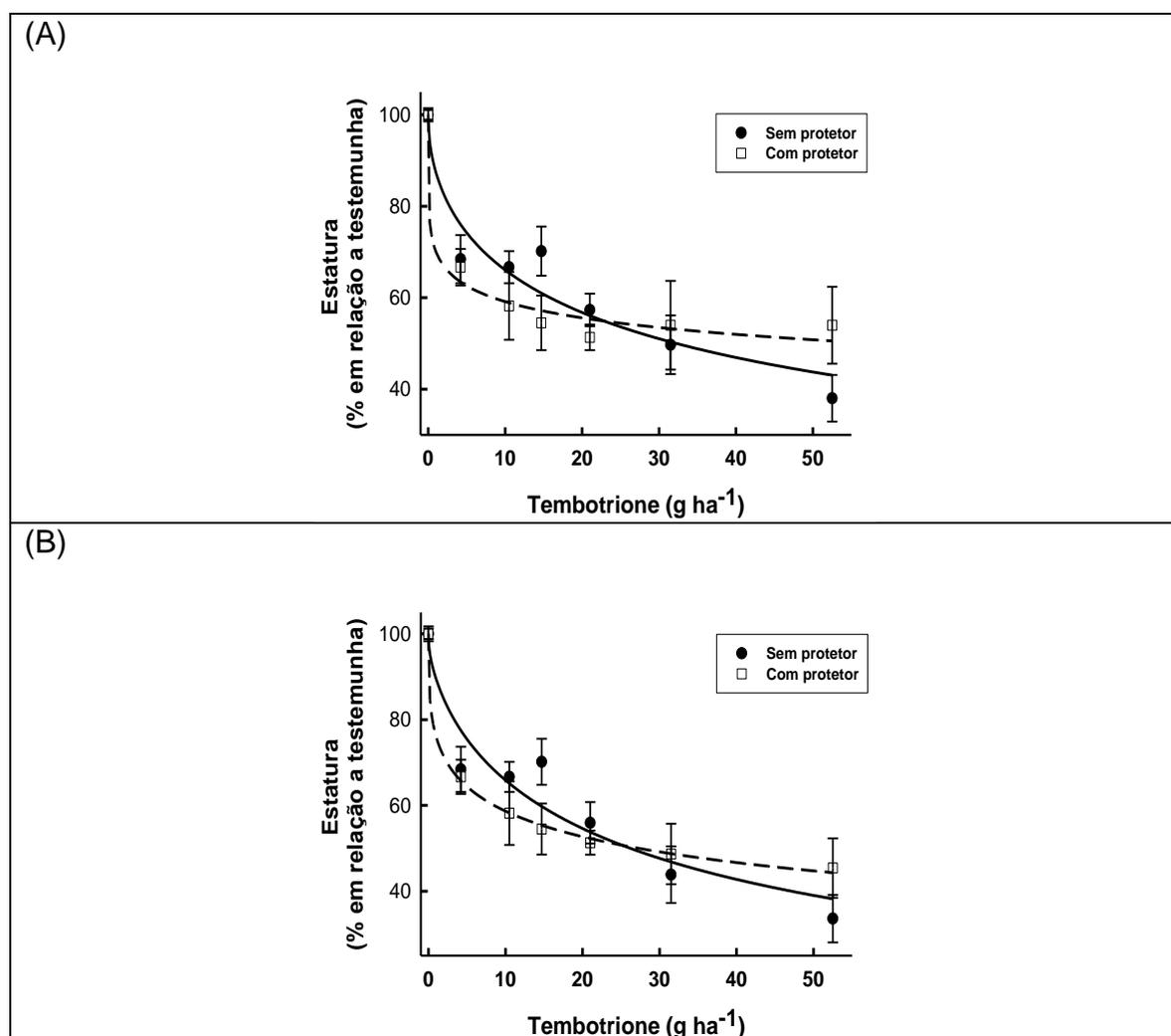


FIGURA 2.8 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 14 DAA (A) e 21 DAA (B). Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

A análise de variância para a variável número de folhas de plantas apresentou interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores doses de tembotrione e doses do protetor. A equação logística proporcionou ajuste para a regressão entre tolerância e doses de tembotrione, em cada uma das duas condições de protetor (Figura 2.9; Tabela 2.2).

O maior número de folhas de plantas foi obtido nas plantas sem aspersão de herbicida em ambas condições de protetor. O menor número de folhas de plantas foi avaliado no tratamento com tembotrione na dose  $52,5 \text{ g ha}^{-1}$  sem protetor. O valor de  $D_{50}$  para o número de folhas de plantas foi de  $41 \text{ g ha}^{-1}$ .

Na condição com protetor, o menor número de folhas de plantas foi obtido nos tratamentos com tembotrione nas doses  $31,5$  e  $52,5 \text{ g ha}^{-1}$ . Para a variável número de folhas de planta o valor de  $D_{50}$  foi  $23 \text{ g ha}^{-1}$  na condição com protetor.

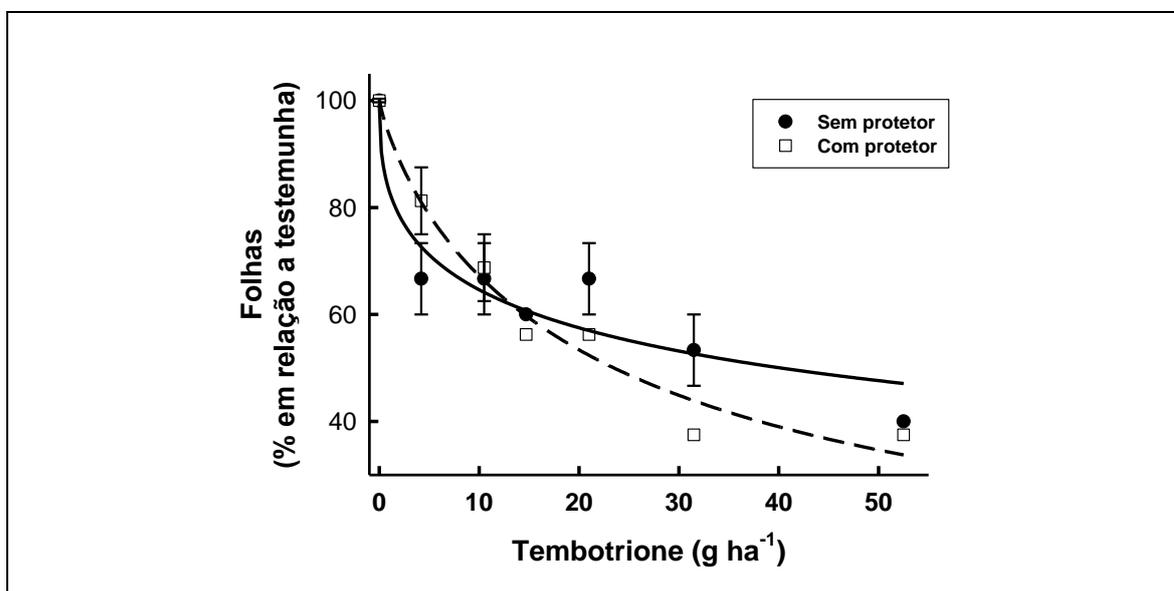


FIGURA 2.9 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência aos 21 DAA. Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

A análise de variância para a variável massa da parte aérea seca de plantas apresentou interação ( $p < 0,10$ ) entre os fatores doses de tembotrione e doses do protetor. A equação logística proporcionou ajuste para a regressão entre tolerância e doses de tembotrione, em cada uma das duas condições de protetor (Figura 2.10 e Tabela 2.2).

Com o incremento da dose do herbicida houve redução logística da MPAS em qualquer das condições de uso do protetor. As duas equações apresentaram diferenças apenas quando tembotrione foi aspergido nas doses de 5 e 10  $\text{g ha}^{-1}$ , sendo que as plantas tratadas com NA apresentaram maior MPAS em comparação à ausência de NA. Para a variável MPAS, o  $D_{50}$  para o herbicida tembotrione foi 11,2 na ausência de NA e 3,4 na sua presença (Tabela 2.2).

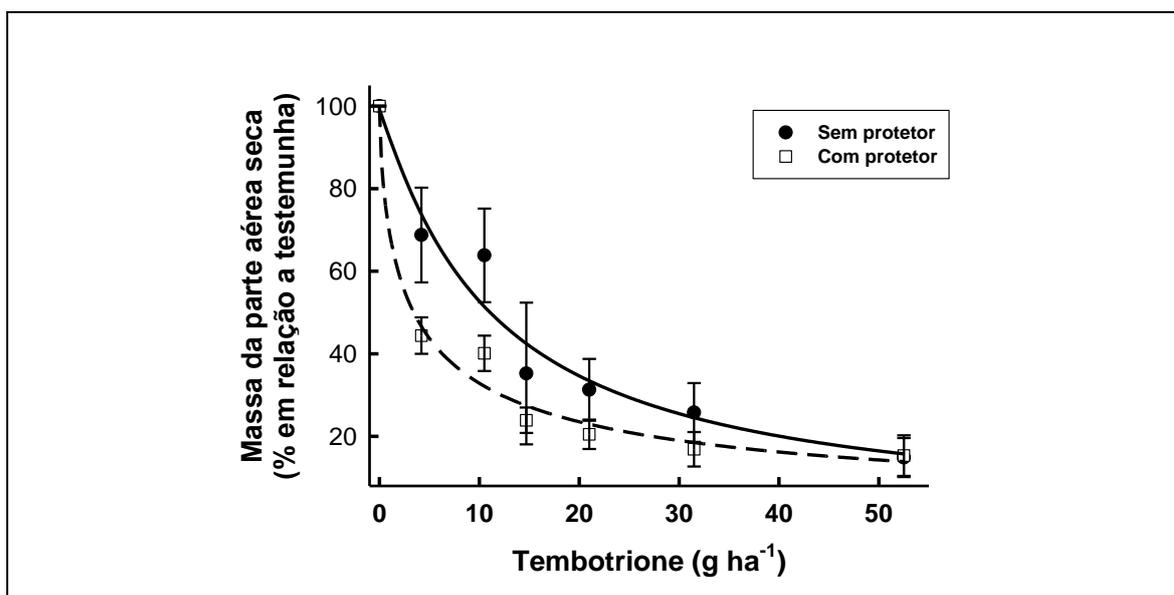


FIGURA 2.10 Massa da parte aérea seca (% em relação a testemunha) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência. Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

## 2.4 DISCUSSÃO

### 2.4.1 Experimento de campo

Todas as variáveis avaliadas no experimento de campo suportam a hipótese de que a tolerância das plantas de feijão depende da dose de tembotrione. As evidências mais pronunciadas para esta hipótese foram encontradas nas variáveis tolerância relativa, sobrevivência e queda do rendimento de grãos de plantas de feijão (Figuras 2.1, 2.3 e 2.5, respectivamente). A diferença no grau de tolerância entre as doses do herbicida se acentua com o decorrer do tempo (Figura 2.1). Isso se deve ao fato de que o efeito fitotóxico do herbicida tembotrione ocorre lentamente, tanto que aos 4 e aos 9 DAA, mesmo na maior dose de tembotrione testada, não foi possível atingir 50% de injúria nas plantas de feijão ( $D_{50}$  para esta variável).

A partir do 21 DAA, as plantas que sobreviveram começaram a recuperar-se do efeito do tembotrione. Assim, o menor valor de  $D_{50}$  foi obtido aos 21 DAA em relação ao encontrado aos 28 DAA (Figura 2.1). Com as doses mais elevadas de tembotrione, houve mortalidade de plantas de feijão e, em consequência, obteve-se reduzido rendimento. Esse fato pode ser evidenciado também nas variáveis sobrevivência de plantas e queda do rendimento de plantas de feijão (Figura 2.3 e 2.5, respectivamente).

Alguns trabalhos na literatura também demonstram o efeito de inibidores de carotenoides sobre feijão (Felix e Dohan, 2005; Robinson *et al.*, 2006; Soltani *et al.*, 2007; Riddle *et al.*, 2013). Quando mesotrione foi utilizado em pré-emergência, o efeito sobre a cultura do feijão foi dependente da dose. Na avaliação aos 39 dias após a semeadura, plantas de feijão apresentaram níveis de tolerância entre 74 e 95% na dose de 7 g ha<sup>-1</sup>, dependendo da cultivar

avaliada (Riddle *et al.*, 2013). A partir da dose de 14 g ha<sup>-1</sup>, constatou-se elevada injúria nas plantas (Riddle *et al.*, 2013). Em outro estudo, o resíduo no solo de mesotrione oriundo de aspersão no ano anterior, nas doses 100 e 200 g ha<sup>-1</sup>, causou injúria nos feijoeiros de 0 a 42%, dependendo da cultivar testada (Soltani *et al.*, 2007). Da mesma forma, isoxaflutole, outro inibidor de carotenoides, aspergido nas doses 105 e 210 g ha<sup>-1</sup> no ano anterior, evidenciou níveis de tolerância de várias cultivares de feijão, variando entre 96 e 63% (Felix e Dohan, 2005; Robinson *et al.*, 2006).

Na variável rendimento de grãos, não houve diferenças entre as doses 0, 7 e 14 g ha<sup>-1</sup> de mesotrione (Riddle *et al.*, 2013). Os autores citam que, embora houvesse injúrias nas plantas pela ação do herbicida, as plantas foram capazes de se recuperar (Riddle *et al.*, 2013). Já o resíduo no solo de isoxaflutole nas doses 105 e 210 g ha<sup>-1</sup> causou reduções no rendimento de grãos entre 81 a 36%, respectivamente (Robinson *et al.*, 2006). O uso de clomazone em pré-emergência demonstrou poucos efeitos negativos na produtividade de feijão nas doses 840 e 1680 g ha<sup>-1</sup> (Soltani *et al.*, 2004).

Esses dados demonstram que há variabilidade entre a tolerância dos feijoeiros e que isto pode ser devido aos genótipos utilizados, doses ou herbicidas. Os autores citam que existem inúmeras variedades de feijão provenientes de várias regiões geográficas e ecológicas dos centros de domesticação na América e que, portanto, a origem destes materiais influenciam nas características agronômicas, morfológicas, adaptação ambiental e tolerância aos herbicidas (Singh *et al.*, 1991; Singh, Gepts e Debouk, 1991; Singh, Nodari e Gepts, 1991). Destarte, essa grande variabilidade permite inferir que existem diferentes conjuntos de genes que podem impactar na tolerância aos herbicidas, incluindo os inibidores de carotenoides (Soltani *et al.*, 2007).

Neste trabalho não foram encontradas evidências da hipótese de que anidrido naftálico atua como protetor das plantas com aumento da tolerância de feijão ao herbicida tembotrione. As variáveis avaliadas em casa de vegetação tolerância, estatura, número de folhas e massa da parte aérea (Figuras 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10) indicam que as plantas aspergidas com anidrido naftálico não apresentaram níveis de tolerância ao tembotrione superior ao das plantas não aspergidas.

O anidrido naftálico atua principalmente induzindo a atividade de enzimas de metabolização de herbicidas, como as glutionas S-transferases (Abu-Qare e Duncan, 2002; Hatzios & Burgos, 2004; Brazier-Hicks *et al.*, 2008). Alguns trabalhos com anidrido naftálico demonstram que houve aumento da tolerância de culturas a inibidores de carotenoides. Plantas de milho aspergidas com anidrido naftálico na dose de 5 g ha<sup>-1</sup> demonstraram aumento da tolerância a aplicação de isoxaflutole e clomazone (Alves, 2004; Maciel *et al.*, 2012). Como antítese, encontra-se na literatura resultados que não evidenciam efeito de anidrido naftálico, em conformidade com o experimento desta dissertação. Por exemplo, plantas de aveia tratadas com anidrido naftálico não apresentaram aumento da tolerância quando aspergidas com os herbicidas isoxaflutole e clomazone (Rizzardi e Serafini, 2001).

Embora anidrido naftálico não tenha tido efeito na cultivar de feijão IAC Imperador, é possível que em outras cultivares possa aumentar a tolerância ao tembotrione. Esse resultado pode ser devido a cultivar utilizada, pois a ação de anidrido naftálico pode ser dependente do genótipo testado (Robinson *et al.*, 1994).

Apesar da tolerância deste genótipo de feijão ao tembotrione ser baixa, ele demonstrou boa eficácia no controle das plantas daninhas a campo mesmo em

baixas doses (Figura 2.4). O eventual uso de tembotrione nesta cultivar de feijão deve ser de acordo com alguns critérios, como o dano das daninhas causados ao feijoeiro deve ser maior que o dano do herbicida à cultura, de forma que a aplicação seja rentável economicamente. Assim, propõe-se que estudos posteriores devem ser realizados com outras cultivares de feijão com o herbicida tembotrione para averiguar a possível tolerância dessa cultura.

## 2.5 CONCLUSÕES

Efeito de tembotrione nas plantas de feijão é dependente da dose utilizada. Há morte de plantas e perda de produtividade de grãos quando o herbicida é aplicado em dose superior a 10,5 g ha<sup>-1</sup>. Quando usado anidrido naftálico nesta cultivar de feijão, não há aumento da tolerância ao herbicida tembotrione.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENDROTH, J. A.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W. Plant response to combinations of mesotrione and photosystem II inhibitors. **Weed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 267-274, 2006.

ABU-QARE, A. W.; DUNCAN, H. J. Herbicide safener: uses, limitations, metabolism, and mechanisms of action. **Chemosphere**, Kidlington, v. 48, n. 9, p. 965-74, 2002.

ALVES, E. **Atividade da enzima glutationa S-transferase induzida por herbicidas e anidrido naftálico em milho e efeito do safener na germinação e vigor das sementes**. 2004. 79p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit)**. [2015]. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 1º jan. 2015.

BRAZIER-HICKS, M. et al. Catabolism of glutathione conjugates in *Arabidopsis thaliana* – Role in metabolic reactivation of the herbicide safeners fenclorim. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 283, n. 30, p. 21102-21112, 2008.

CHIKOYEA, D. et al. Evaluation of Lumax@ for pre emergence weed control in maize in Nigeria. **International Journal of Pest Management**, Oxon, v. 55, n. 4, p. 275-283, 2009.

CIESLIK, L.F. **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.)**. 2012. 172p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: sexto levantamento**. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CURCELLI, F. et al. Produção de cepa de duas variedades de mandioca em diferentes tratamentos de herbicidas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 162-172, 2010.

FELIX, J.; DOOHAN, D.J.; BRUINS, D. Differential vegetable crop responses to mesotrione soil residues a year after application. **Crop Protection**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1395–1403, 2007.

FERREIRA, F. A. et al. Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T.Z.D.; BORÉM, A. (Ed.1). **Feijão**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. v. 2. p. 309-340.

HATZIOS, K. K; BURGOS, N. Metabolism based herbicide resistance: regulation by *safeners*. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 3, p. 454-467, 2004.

MACHADO, A. et al. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 41-48, 2015.

MACIEL, C. D. G. et al. Corn seed treatment with naphthalic anhydride against isoxaflutole phytotoxication. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 612-616. 2012.

MITCHELL, G. et al. Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 2, p. 120-128, 2001.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas sobre *B. pilosa* e *I. quamoclit* em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 563-570, 2009.

O'SULLIVAN, J.; SIKKEMA, P. H. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to mesotrione. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 2, p. 421-425, 2002.

PITELLI, R. A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 25-35, 1987.

PROCÓPIO, S. O. et al. Tolerância de cultivares de feijão ao S-metolachlor em diferentes condições de aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 263-271, 2001.

PROCÓPIO, S. O. et al. Potencial de uso dos herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr e cloransulam-methyl na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 327-336, 2009.

RIDDLE, R. N. et al. Crop response to carryover of mesotrione residues in the field. **Weed Technology**, Lawrence, v. 27, n. 1, p. 92-100, 2013.

RIZZARDI, M. A.; SERAFINI, M. C. Ação do anidrido naftálico na seletividade de herbicidas aplicados para controle de azevém em aveia branca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 367-374, 2001.

ROBINSON, D. K.; MONKS, D. W.; BURTON, J. D. Effect of BAS-145138, CGA-154281, and naphthalic anhydride seed treatments on sweet corn (*Zea mays*) tolerance to nicosulfuron. **Weed Science**, Lawrence, v. 42, n. 4, p. 614-617, 1994.

ROBINSON, D. E.; SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H. Responses of four market classes of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) to foramsulfuron, isoxaflutole, and isoxaflutole plus atrazine applied in previous years. **Weed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 3, p. 558–563, 2006.

SILVA, F. M. L. et al. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 61-72, 2009.

SINGH, S. P. et al. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, p. 23–29, 1991.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, fabaceae). **Economic Botany**, Bronx, v. 45, n. 3, p. 379–396, 1991.

SINGH, S. P.; NODARI, R.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common bean: I. Allozymes. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, p. 19–23, 1991.

SOLTANI, N. et al. Tolerance of black beans (*Phaseolus vulgaris*) to soil applications of S-metolachlor and imazethapyr. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 1, p. 166–173, 2004.

SOLTANI, N., SIKKEMA, P. H.; ROBINSON, D. E. Response of four Market classes of dry bean to mesotrione soil residues. **Crop Protection**, Oxford, v. 26, n. 11, p. 1655–1659, 2007.

TAKANO, H. K. et al. Redução da fitointoxicação por herbicidas aplicados no feijoeiro com a utilização de fungicidas. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n. 27, p. 12-22, 2015.

TAVARES, C. J. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 27-32, 2013.

VIDAL, R. A. *et al.* Nível crítico de dano (NCD) de infestantes na cultura de feijão. In: VIDAL, R. A. *et al.* **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 32-38.

WICHERT, R. A. et al. Technical review of mesotrione, a new herbicide. **Brighton Crop Protection Conference**, Brighton, v. 1, n. 1, p. 105–110, 1999.

## **CAPÍTULO 3**

### **Influência da densidade de plantas na eficácia de herbicidas**

## CAPÍTULO 3 – INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTAS NA EFICÁCIA DE HERBICIDA

### RESUMO

A eficácia no controle de daninhas pelos herbicidas é influenciada por diversos fatores relacionados ao trinômio: herbicida, planta infestante alvo e ambiente. A densidade de plantas daninhas afeta sua fisiologia, a morfologia e a anatomia e, conseqüentemente, influenciam na eficácia de herbicida. Os objetivos foram avaliar as mudanças morfológicas ocorridas no aumento da densidade de plantas; determinar se a densidade de plantas afeta a eficácia de herbicidas e se a aplicação sequencial é uma alternativa para controlar plantas em alta densidade. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação (2014 e 2015) e a campo (2015). Foram realizados quatro experimentos em casa de vegetação, onde utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Dois experimentos buscaram avaliar o efeito da densidade de plantas em variáveis morfo-fisiológicas por vaso, usando as espécies *Glycine max* e *Lolium multiflorum* com oito repetições. Outros dois experimentos visaram averiguar o impacto da densidade vegetal na eficácia de herbicidas, usando-se um esquema bi-fatorial dos tratamentos com três e quatro repetições, respectivamente. O fator A consistiu de três situações de densidades (planta unitária, máxima densidade desbastada antes da aplicação e máxima densidade desbastada após a aplicação) e o fator B de doses do herbicida. Foram realizados três experimentos a campo constituídos blocos casualizados com parcelas subdivididas. Os tratamentos dos experimentos foram doses do herbicida glyphosate (0; 40; 80; 120; 160; 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> de e.a.) e as subparcelas consistiram de situações de densidades de plantas de azevém. Em um experimento foi realizada aplicação de glyphosate aos 28 dias após a emergência (DAE); outro aos 51 DAE e o terceiro com aplicação sequencial aos 28 e 51 DAE. Nas espécies utilizadas, após uma determinada densidade, houve uma estabilização das diferenças morfológicas. As plantas de azevém em alta densidade necessitaram de uma dose maior do herbicida para se obter o mesmo nível de controle das plantas em baixa densidade. Além do efeito da densidade, na aplicação tardia houve necessidade de aumento da dose de glyphosate para se obter o mesmo nível de controle em relação à aplicação em estágio inicial. O aumento da densidade de plantas causou mudanças morfológicas. A eficácia de herbicida foi afetada pela densidade de plantas, pela espécie de planta utilizada e pela época de aplicação. A aplicação sequencial não melhorou a eficácia do herbicida quando comparada as aplicações em uma única aspersão.

## CHAPTER 3 - PLANT DENSITIES INFLUENCE IN HERBICIDE EFFICIENCY

### ABSTRACT

The efficacy on weed control by herbicides is influenced by several factors related to the triad: herbicide, target weed species and plant environment. The weed density affect their physiology, morphology and anatomy, consequently impact the herbicide efficacy. The objectives were to investigate the morphological changes caused by the increase of plant density; to determine whether the plant density affects the efficacy of herbicides and to evaluate whether the sequential application is an alternative for controlling plant at high density. The experiments were conducted in a greenhouse (2014 and 2015) and in the field (2015). The greenhouse experiments used the completely randomized experimental design. Two experiments evaluated the effect of plant density per pot on morphological and physiological variables, using *Glycine max* and *Lolium multiflorum* with eight replications. Two other experiments evaluated the impact of the plant density on the herbicide efficacy, using a bi-factorial arrangement of treatments with three and four replications, respectively. The Factor A consisted of three situations of plant density (single plant, one plant thinned from a high plant density before herbicide spray and high density thinned to one plant after spray) and factor B consisted of herbicide doses. Three field trials used a randomized block design with split plots. The main plot consisted of the herbicide glyphosate rates (0; 40; 80; 120; 160; 250 and 350 g ha<sup>-1</sup> e.a.) and the subplots had different ryegrass plant densities. One experiment was conducted applying glyphosate at 28 days after emergence (DAE); another after 51 DAE and the third with sequential application at 28 and 51 DAE. For all species tested, the morphological differences were affected by plant density, but stabilized after a certain density. At high plant density, the ryegrass required a greater herbicide dose to achieve the same level of control plants at low plant density. When sprayed late in the season, it was necessary to increase the glyphosate rate to obtain the same level of control attained at the initial growth stage. The increment in plant density resulted in several morphological changes. The herbicide efficacy was affected by plant density, plant species and the time of spray. The sequential application did not increase the herbicide efficacy when compared to a single spray.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Em ecossistemas agrícolas, as culturas e as plantas daninhas possuem demandas por água, luz e nutrientes. Esses fatores, na maioria das vezes, estão presentes em quantidades insuficientes para o desenvolvimento destas plantas, estabelece-se, assim, a interferência negativa entre plantas (Radosevich *et al.*, 1997). O grau de interferência entre as culturas e as plantas daninhas depende de fatores relacionados à comunidade infestante (como a composição específica, densidade e distribuição), à própria cultura (espécie ou cultivar, espaçamento e densidade de semeadura) (Barroso *et al.*, 2012), da duração do período de convivência, da época em que esse período ocorre, das condições edáficas, climáticas e pelos tratos culturais (Pitelli, 1985). Na prática, os efeitos da presença de plantas daninhas podem ser irreversíveis, acarretando em danos ao desenvolvimento ou à produtividade dos cultivos (Koslowski *et al.*, 2002). Na cultura da soja, quando infestada com *Euphorbia dentata*, houve redução de 40% no número de vagens por planta, de 6,5% no número de grãos por vagens e de 10% no peso de mil grãos (Juan *et al.*, 2003). A infestação de *Cyperus esculentus* L. na densidade de 2,2 a 13 plantas por m<sup>2</sup>, acarretou diminuição do rendimento de soja na faixa de 9-34% (Nelson e Smoot, 2010). A infestação de *Bidens pilosa* na cultura do milho acarretou na diminuição da massa seca quando comparada

às plantas não infestadas (Chiovato *et al.*, 2007). No feijão, a competição com plantas daninhas pode causar redução entre 15 a 80% na produtividade de grãos (Salgado *et al.*, 2007; Barroso *et al.*, 2010).

A eficácia no controle de infestantes pelos herbicidas é influenciada por diversos fatores relacionados ao trinômio herbicida, planta infestante alvo e ambiente (Cieslik *et al.*, 2012). Entre esses fatores, a fisiologia, a morfologia e a anatomia das plantas daninhas influenciam na eficácia do produto (Procópio *et al.*, 2003). Exemplificando, a morfologia e a anatomia foliar afetam a quantidade de produto interceptado e absorvido e, como consequência, reduzem a eficácia de controle dos herbicidas (Procópio *et al.*, 2003). O aumento da densidade de 20 para 100 plantas por m<sup>2</sup> plantas de *Echinochloa crus-galli* necessitou aumentar a dose do herbicida flucetosulfuron de 8 para 18 g ha<sup>-1</sup> para obter o mesmo nível de controle (Moon *et al.*, 2014).

De maneira geral, sob competição, as plantas tendem a incrementar sua estatura, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as demais plantas ao redor; o acúmulo de massa seca é reduzido, bem como a área foliar, diminuição do perfilhamento e aumento da dominância apical (Silva *et al.*, 2009; Green-Tracewicz *et al.*, 2011 e 2012; Yang *et al.*, 2014). Estas mudanças demonstram a plasticidade das plantas em se adaptar aos recursos do meio (Gibson *et al.*, 2004). A partir do preceito da grande plasticidade que as plantas possuem, objetivou-se neste trabalho averiguar as mudanças morfológicas ocorridas no aumento da densidade de plantas; determinar se a densidade de plantas afeta a eficácia de herbicidas e se a aplicação sequencial é uma alternativa para controlar plantas em alta densidade.

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizados sete experimentos nos anos de 2014 e 2015. Quatro experimentos foram realizados em casa de vegetação do Laboratório da Flora Ruderal (LAFLOR), pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), situada em Porto Alegre-RS. Dois experimentos buscaram avaliar o efeito da densidade de plantas em variáveis morfo-fisiológicas por vaso. Outros dois experimentos visaram averiguar o impacto da densidade vegetal na eficácia de herbicidas.

No campo da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada em Eldorado do Sul-RS, foram realizados três experimentos. Os experimentos visaram averiguar o impacto da densidade vegetal na eficácia de herbicidas em duas épocas de controle ou com aplicação sequencial.

### **3.2.1 Experimento de casa de vegetação**

A semeadura do experimento foi realizada em vasos com capacidade para 500 mL, contendo substrato na proporção de 2:1:1 (50% de solo + 25% de areia + 25% casca de arroz carbonizada) mais a adição de 24 g da formulação 5-20-30 de N-P-K + 10 g de ureia (45% N) para cada 20 kg de substrato. Foram semeadas 2 sementes extras por vaso em todos os tratamentos, sendo desbastadas após a emergência das plântulas. Os vasos foram perfurados e mantidos em bandeja com lâmina de água para que as plantas ficassem constantemente irrigadas por capilaridade.

### **3.2.1.1 Efeito da densidade de plantas em características morfo-fisiológicas**

Os experimentos foram conduzidos entre os meses de novembro de 2014 e setembro de 2015. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados com tratamentos organizados em esquema bi-fatorial. As espécies utilizadas foram *Glycine max* e *Lolium multiflorum*, com seis e oito repetições, respectivamente. O fator avaliado foi a densidade de plantas, sendo utilizados 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 plantas vaso<sup>-1</sup> para a espécie *Lolium multiflorum*; e 1, 2, 3, 4, 5 e 6 plantas vaso<sup>-1</sup> para a espécie *Glycine max*.

Aos 14, 21 e 28 dias após a emergência (DAE) foram avaliados: estatura de plantas, número de folhas, comprimento de entrenós e diâmetro do colmo (*Glycine max*) e número de perfilhos (*Lolium multiflorum*). Aos 28 DAE coletou-se a parte aérea e a raiz de todas as plantas do vaso para determinação da massa após secagem em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C, durante sete dias. As variáveis diâmetro do colmo, massa seca, número de folhas e perfilhos foram convertidas em valor percentual em relação aos vasos com 1 planta por vaso (% em relação a testemunha).

### **3.2.1.2 Eficácia de herbicida sob duas densidades de plantas**

O experimento foi conduzido com as mesmas espécies definidas anteriormente (experimento 3.2.1.1). O delineamento experimental foi inteiramente casualizados com tratamentos organizados em esquema bi-fatorial, com três e quatro repetições (*Glycine max* e *Lolium multiflorum*, respectivamente). O fator A foi constituído de duas densidades: mínima densidade, máxima densidade desbastada antes da aplicação (para evitar o “efeito guarda-chuva”) e máxima densidade desbastada após a aplicação do

herbicida (para evitar competição após a aplicação). As densidades máximas e mínimas foram definidas a partir do experimento 3.2.1.1. Para *Glycine max* foi utilizada as densidades 1 e 5 plantas por vaso (máxima e mínima densidades, respectivamente); e para *Lolium multiflorum* 1 e 7 plantas por vaso (mínima e máxima densidades, respectivamente). O fator B foi constituído de sete doses de herbicida, sendo utilizado ethoxysulfuron nas doses 0; 25; 50; 75; 100; 200 e 400 g ha<sup>-1</sup> (para *Glycine max*); e glyphosate nas doses 0; 43,75; 87,5; 125; 187,5; 250 e 312,5 g ha<sup>-1</sup> do equivalente ácido (para *Lolium multiflorum*). Os herbicidas foram aspergidos aos 21 dias após a emergência (DAE), utilizando-se câmara de pulverização, dotada com ponteira 110.02 E, calibrada para o volume de calda equivalente a 100 L ha<sup>-1</sup> e com adição de 0,5% v/v de adjuvante.

Aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) foram avaliadas a tolerância relativa, a estatura de plantas, o número de folhas, o comprimento de entrenós e diâmetro do colmo (*Glycine max*), o número de afilhos (*Lolium multiflorum*). A tolerância ao herbicida foi avaliada através de escala visual, atribuindo-se notas conforme o sintoma apresentado pelas plantas. As notas de tolerância relativa estavam compreendidas entre 0 (ausência de tolerância) e 100 (tolerância total). Entre esses valores extremos, os demais valores corresponderam à magnitude dos sintomas: redução das dimensões dos entrenós e folhas das plantas, descoloração, clorose e necrose dos tecidos foliares e meristemas. Aos 30 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas para determinação da massa seca após secagem em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C durante sete dias. As variáveis diâmetro do colmo, massa seca, número de folhas e perfilhos foram convertidas em valor percentual em relação às plantas não aspergidas com herbicida (% em relação à testemunha).

### 3.2.2 Experimento de campo

O experimento foi conduzido durante a safra 2015. O solo da área de instalação do experimento é classificado como Argissolo Vermelho Escuro distrófico, textura franco-areno-argilosa, com 34% de argila. O sistema de manejo de solo utilizado foi o de semeadura convencional.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas de área de 1 m<sup>2</sup>, tendo 4 subparcelas com 0,25 m<sup>2</sup> em cada parcela. A semeadura foi realizada em 17 de junho de 2015, sendo usado a *Lolium multiflorum*. A densidade de semeadura foi de 50 sementes por metro quadrado. Aos 10 DAE houve desbaste de todas as plantas das parcelas, deixando-se duas densidades (2 e 35 plantas por subparcela).

#### 3.2.2.1 Eficácia de herbicida em quatro condições de densidades e aplicação aos 28 DAE

As parcelas foram constituídas de glyphosate, nas doses 0; 40; 80; 120; 160; 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> de e.a. As subparcelas consistiram de quatro situações de densidades: 2 plantas por subparcela; 35 plantas por subparcela, sendo desbastado antes da aplicação (evitar efeito “guarda-chuva”), ficando 2 plantas por subparcela; 35 plantas por subparcela, sendo desbastado após a aplicação do herbicida, ficando 2 plantas; 35 plantas por subparcela sem desbaste.

A aspersão do herbicida Glizmax® (Glyphosate (480 g L<sup>-1</sup> e.a.)) foi realizada aos 28 DAE, utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> comprimido, barra com ponta do tipo 110.02 XR, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 160 L ha<sup>-1</sup> e adição de 0,2 % v/v do adjuvante Agral®.

Durante a aspersão do herbicida a temperatura média foi de 18°C e a umidade relativa do ar de 85%.

Aos 10, 17 e 23 dias após a aplicação (DAA) foi realizada a avaliação da tolerância relativa, utilizando-se escala visual já descrita anteriormente (item 3.2.1.2). Aos 23 DAA, realizou-se coleta de uma planta por subparcela. Nas plantas coletadas foram determinados o número de folhas, a estatura, o número de colmos e a massa da parte aérea seca. As variáveis foram convertidas em valor percentual em relação às plantas não aspergidas com herbicida (% em relação à testemunha).

### **3.2.2.2 Eficácia de herbicida em três condições de densidades e aplicação aos 51 DAE**

Neste experimento as parcelas foram constituídas de glyphosate, nas doses 0; 40; 80; 120; 160; 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> de e.a. As subparcelas consistiram de três situações de densidades: 2 plantas por subparcela (sendo em duas subparcelas); 35 plantas por subparcela, sendo desbastado antes da aplicação (evitar efeito “guarda-chuva”), ficando 2 plantas por subparcela; 35 plantas por subparcela, sendo desbastado após a aplicação do herbicida, ficando 2 plantas.

A aspersão do herbicida Glizmax® (Glyphosate (480 g L<sup>-1</sup> e.a.)) foi realizada aos 51 DAE, utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> comprimido, barra com ponta do tipo 110.02XR, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 160 L ha<sup>-1</sup> e adição de 0,2 % v/v do adjuvante Agral®. Durante a aspersão do herbicida a temperatura média foi de 17°C e a umidade relativa do ar 80%. As avaliações realizadas foram iguais as descritas no item 3.2.2.1.

### **3.2.2.3 Eficácia de herbicida em três condições de densidades e aplicação sequencial**

As parcelas foram constituídas de glyphosate, nas doses 0; 40; 80; 120; 160; 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> de e.a. As subparcelas consistiram de três situações de densidades: 2 plantas por subparcela (sendo em duas subparcelas); 35 plantas por subparcela, sendo desbastado antes da aplicação (evitar efeito “guarda-chuva”), ficando 2 plantas por subparcela.

A aspersão do herbicida Glizmax® (Glyphosate (480 g L<sup>-1</sup> e.a.)) foi realizada aos 28 DAE e 51 DAE (1ª e 2ª época de aplicação, respectivamente), utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> comprimido, barra com ponta do tipo 110.02XR, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 160 L ha<sup>-1</sup> e adição de 0,2 % v/v do adjuvante Agral®. Durante a aspersão do herbicida, a temperatura média foi de 18°C e 17°C e a umidade relativa do ar 85% e 80 % (aos 28 DAE e 51 DAE, respectivamente).

Aos 10, 17 e 23 DAA (após a 1ª e a 2ª aplicação) foi realizada a avaliação da tolerância relativa (conforme já descrito no item 3.2.2.1). Aos 28 dias após a 1ª e após a 2ª aplicação se realizou a coleta de planta por subparcela. As avaliações realizadas foram iguais as descritas no item 3.2.2.1.

### **3.2.3 Análise estatística**

Os dados obtidos dos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade do erro experimental. Quando apropriados e dependendo da variável em estudo, foram realizadas regressões ajustando-se modelos lineares ou não lineares aos dados médios dos tratamentos, utilizando-se o software Sigma Plot 11. Nos experimentos de densidade de plantas (3.2.1.1) em casa de vegetação, nas

regressões usou-se a densidade de plantas como fator independente e as variáveis avaliadas como fator dependente. Nos demais experimentos, para fazer as regressões, considerou-se a dose do herbicida como fator independente e as variáveis avaliadas como fator dependente. Quando matematicamente e biologicamente possível, estimou-se a dose do herbicida que proporcionou 50% de redução nas variáveis avaliadas nos genótipos ( $D_{50}$ ).

### **3.3 RESULTADOS**

#### **3.3.1 Efeito da densidade de plantas em características morfo-fisiológicas**

Espécie reagente eudicotiledônea

Na análise de variância dos dados de redução do diâmetro do colmo (% em relação a testemunha), avaliada aos 28 DAE, foi identificada significância ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso. A equação hipérbole propiciou ajuste adequado para o efeito da densidade no diâmetro do colmo (Figura 3.1 e Tabela 3.1). O maior diâmetro do colmo por planta foi encontrado na densidade de 1 planta vaso<sup>-1</sup> (plt vaso<sup>-1</sup>), a qual não diferiu da densidade de 2 plts vaso<sup>-1</sup>. O menor diâmetro do colmo foi encontrado na densidade de 6 plts vaso<sup>-1</sup> (Figura 3.1).

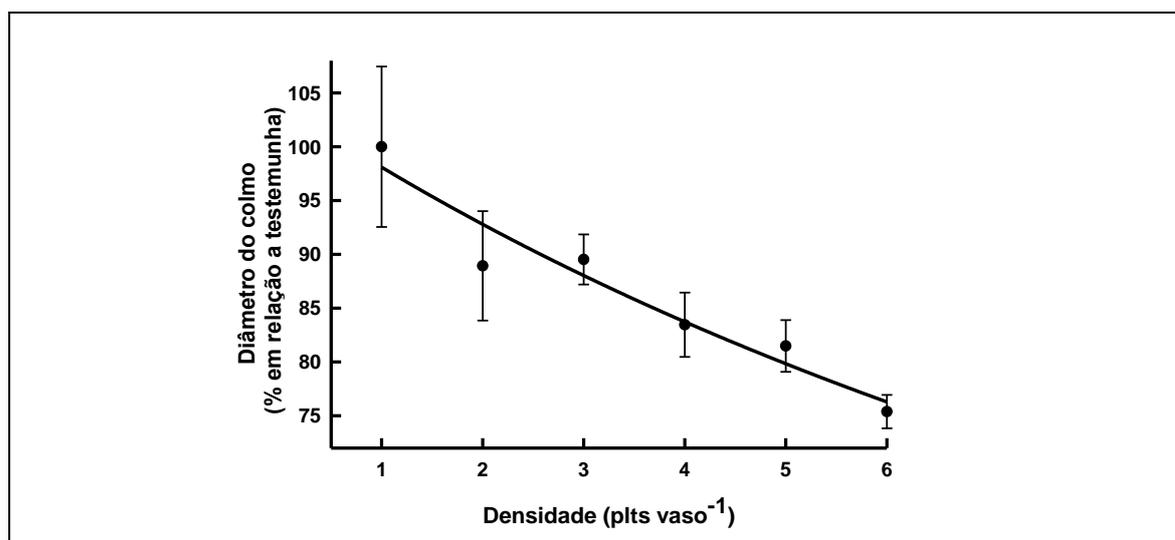


FIGURA 3.1 Diâmetro do colmo (% em relação a testemunha) de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAE. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014.

TABELA 3.1 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade em plantas de soja. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014.

<sup>1</sup> DAE	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>		R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	Equação
	a	b			
----- Diâmetro do colmo -----					
28	104,05(2,89)**	16,48(2,66)**	91,43	<0,01	$y=(a*b)/(b+x)$
----- Comprimento entrenós -----					
14	3,61(0,17)**	0,56(0,15)*	83,56	<0,01	$y=a*x/(b+x)$
21	3,11(0,18)**	0,09(0,04) <sup>ns</sup>	47,08	<sup>ns</sup>	$y=a*(1+x)^b$
28	3,01(0,19)**	0,14(0,04)*	65,00	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
----- Folhas -----					
28	120,29(9,41)**	-0,32(0,06)**	85,15	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
----- Massa da parte aérea seca -----					
28	138,69(11,63)**	-0,52(0,07)**	92,38	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
----- Massa de raiz seca -----					
28	156,19(11,62)**	-0,65(0,06)**	95,91	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
----- Massa de folhas seca -----					
28	138,69(11,63)**	-0,52(0,06)**	92,38	<0,01	$y=a*(1+x)^b$

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,05; \*\* indica P< 0,01; <sup>ns</sup> indica não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

<sup>1</sup>DAE = Dias após a emergência.

Na variável comprimento de entrenós (cm) a análise de variância avaliada aos 14 e 28 DAE foi significativa (p<0,01 e p<0,10, respectivamente) para a

densidade de plantas por vaso. As equações hipérbole (14 DAE) e potência (28 DAE) proporcionaram ajuste do efeito da densidades no comprimento de entrenós (Figura 3.2 e Tabela 3.1).

O menor comprimento de entrenós por planta foi encontrada aos 14 DAE na densidade 1 plts vaso<sup>-1</sup>. O maior comprimento de entrenós por planta foi encontrada nas densidades 5 e 6 plantas por vaso. A curva aos 14 DAE se diferenciou em todas as densidades em relação à curva dos 28 DAE.

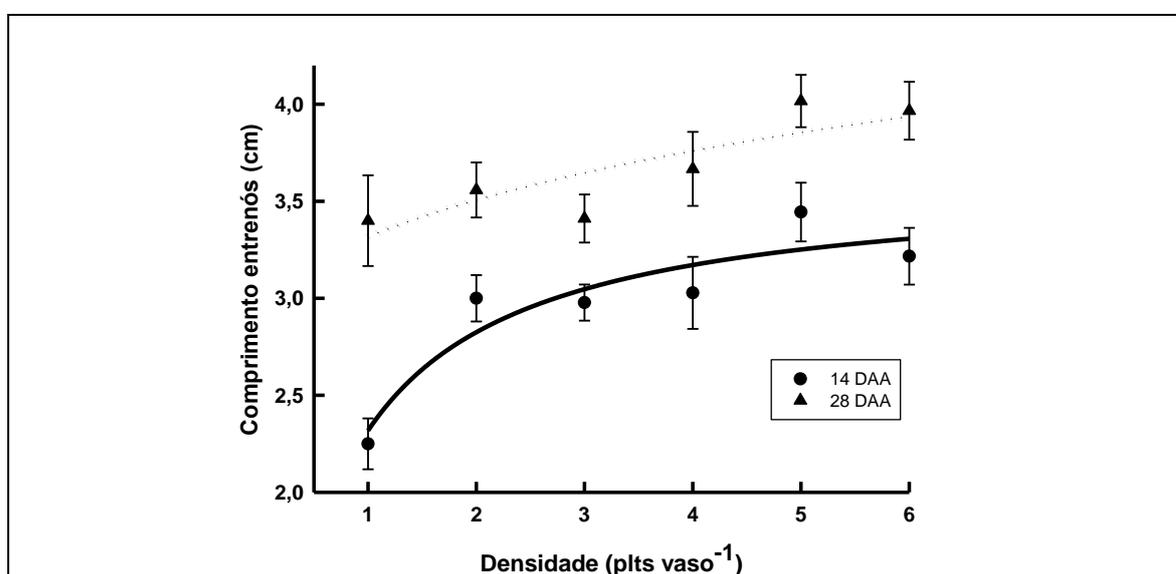


FIGURA 3.2 Comprimento de entrenós de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.

A análise de variância da variável número de folhas (%) de plantas apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso aos 28 DAE. A equação potência propiciou ajuste adequado entre os dados de densidade e o de número de folhas médios (Figura 3.3 e Tabela 3.1). Na densidade 1 e 6 plts vaso<sup>-1</sup> foi obtido maior e o menor número de folhas por planta, respectivamente.

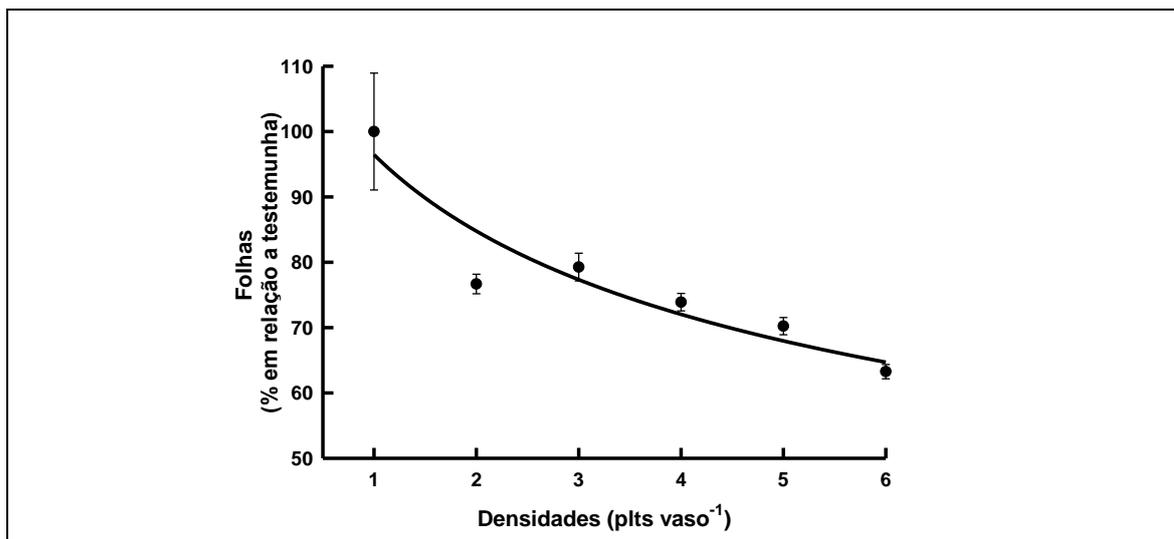


FIGURA 3.3 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAE. Equações na Tabela 3.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2014.

Nas variáveis massa seca de folhas, da parte aérea e de raiz (MFS, MPAS e MRS, respectivamente; %), a análise de variância apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso. A equação potência propiciou ajuste adequado aos dados dessas variáveis (Figura 3.4 e Tabela 3.1).

Os maiores valores de massa por planta foram obtidos para a densidade de 1 plt vaso<sup>-1</sup>. Numericamente, a menor MFS e MRS por planta foi constatada para a densidade 6 plts vaso<sup>-1</sup>. Na densidade de 6 plts vaso<sup>-1</sup> verificou-se a menor MPAS por planta. Apenas a curva de MRS na densidade de 6 plts vaso<sup>-1</sup> se diferenciou das demais curvas.

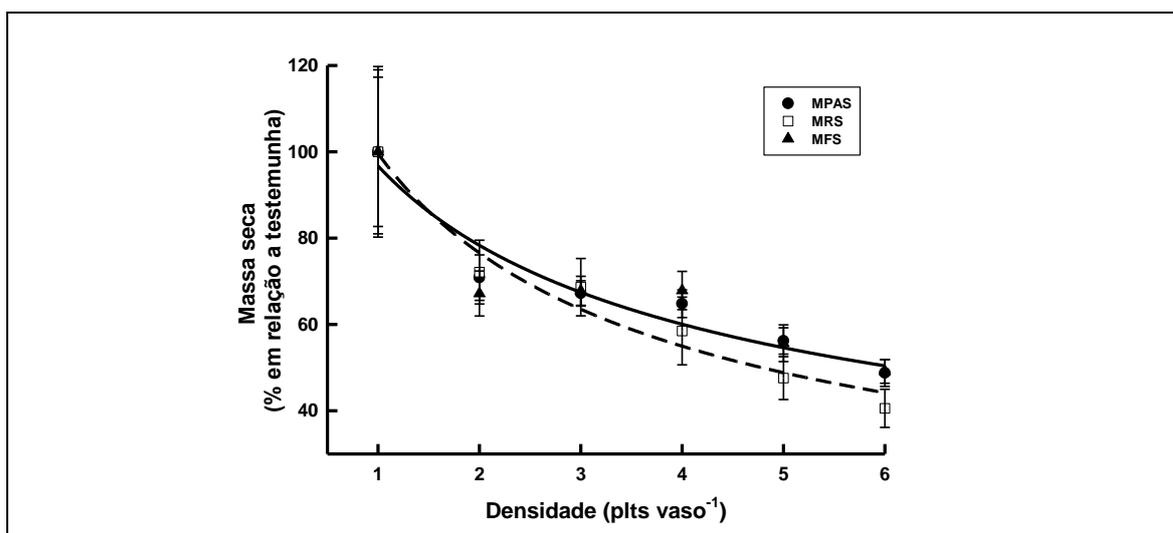


FIGURA 3.4 Massa da parte aérea seca, massa da raiz seca e massa de folhas seca (MPAS, MRS e MFS; % em relação a testemunha) de soja em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAE. Equações na Tabela 3.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.

Visualmente foi possível sintetizar o impacto de densidade em cada uma das variáveis avaliadas através do gráfico tipo radar (Figura 3.5). Dentre as variáveis avaliadas visualmente, aquelas que mais foram influenciadas pela densidade estão as massas secas e o diâmetro do colmo. Essas variáveis serão úteis na determinação de diferenças no experimentos 3.3.2.

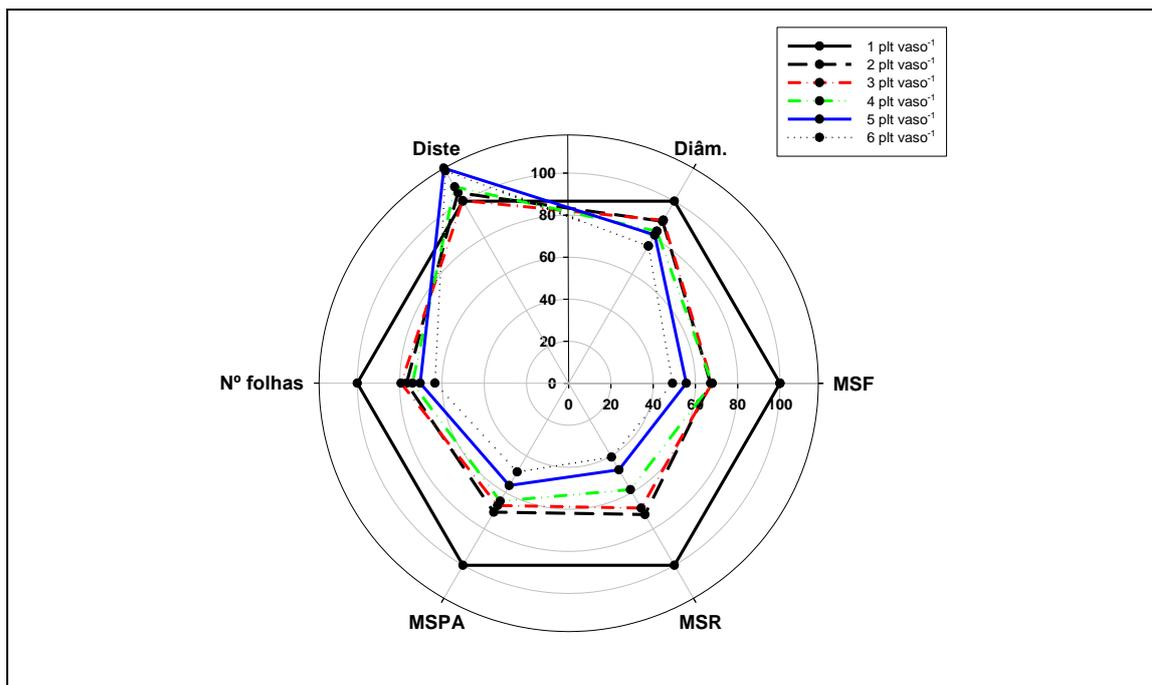


FIGURA 3.5 Gráfico tipo radar sintetizando o impacto da densidade nas variáveis: diâmetro do colmo (Diâm.), comprimento de entrenós (Diste), número de folhas (Nº folhas), massa da parte aérea seca (MSPA), massa de raiz seca (MSR), massa de folhas secas (MSF). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.

#### Espécie reagente monocotiledônea

A análise de variância avaliada para a variável estatura (cm) evidenciou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso. A equação potência ajustou-se aos dados médios (Figura 3.6 e Tabela 3.2).

Para cada uma das curvas (14, 21 e 28 DAE) a menor estatura de plantas foi obtida na densidade de 1 plt vaso<sup>-1</sup> (plantas vaso<sup>-1</sup>). A maior estatura de plantas aos 14, 21 e 28 DAE foi obtida com 7, 13 e 15 plts vaso<sup>-1</sup>. Com exceção da densidade de 1 plt vaso<sup>-1</sup> aos 21 e 28 DAE, todas as curvas da regressão se diferenciaram.

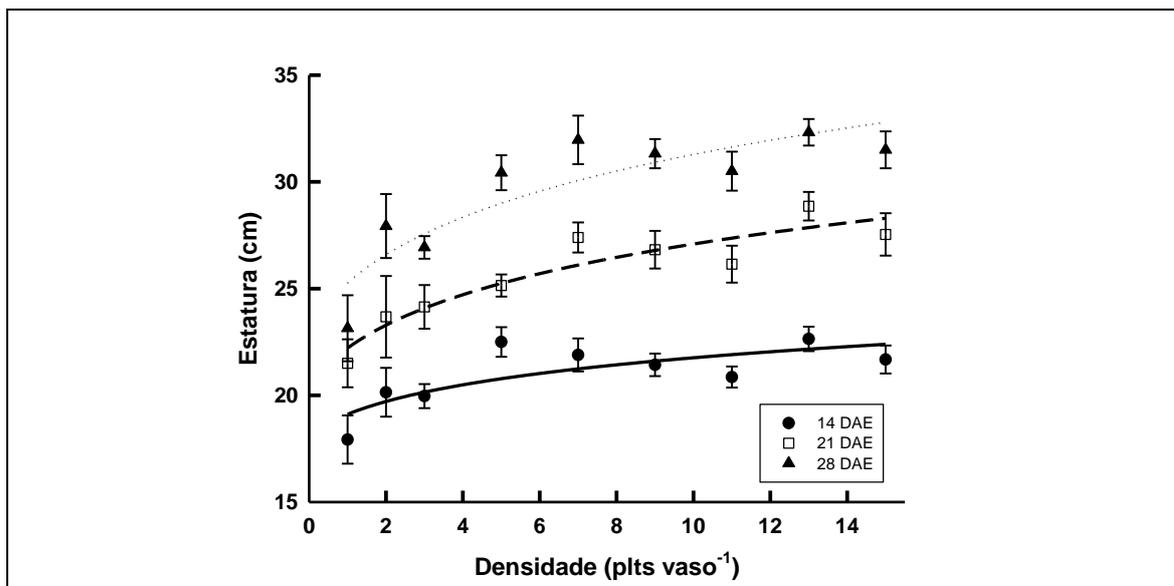


FIGURA 3.6 Estatura (cm) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.2. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

TABELA 3.2 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade em plantas de azevém. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAE	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					Equação
	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	
----- Estatura -----						
14	18,12(0,89)**	0,08(0,02)*	---	55,50	<0,05	y=(a*b)/(b+x)
21	20,49(0,75)**	0,12(0,02)**	---	85,33	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
28	23,16(1,26)**	0,12(0,02)**	---	75,63	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
----- Folhas -----						
28	114,77(2,65)**	-0,15(0,01)**	---	95,10	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
----- Perfilhos -----						
14	114,88(6,31)**	-0,13(0,03)**	---	69,88	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
21	103,53(5,41)**	-0,10(0,03)**	---	59,25	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
28	142,37(9,45)**	-0,43(0,04)**	---	93,60	<0,01	y=(a*b)/(b+x)
----- Massa da parte aérea seca -----						
28	109,35(7,41)**	1,30(0,20)**	7,50(1,01)**	97,48	<0,01	y=a/1+(x+x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
----- Massa de raiz seca -----						
28	113,01(12,84)**	0,99(0,21)**	7,06(1,90)**	96,55	<0,01	y=a/1+(x+x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>

<sup>#</sup> EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P<0,01; n<sup>s</sup> = não significativo.

<sup>##</sup> P indica a probabilidade do modelo.

<sup>1</sup> DAE = Dias após a emergência.

Na variável folhas por planta a análise de variância apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso. Na regressão a equação potência propiciou ajuste adequado aos dados médios (Figura 3.7 e Tabela 3.2). O maior número de folhas por planta foi obtido nas densidades de 1; 2 e 3 plts vaso<sup>-1</sup>. O menor número de folhas foi constatado aos 11; 13 e 15 plts vaso<sup>-1</sup>.

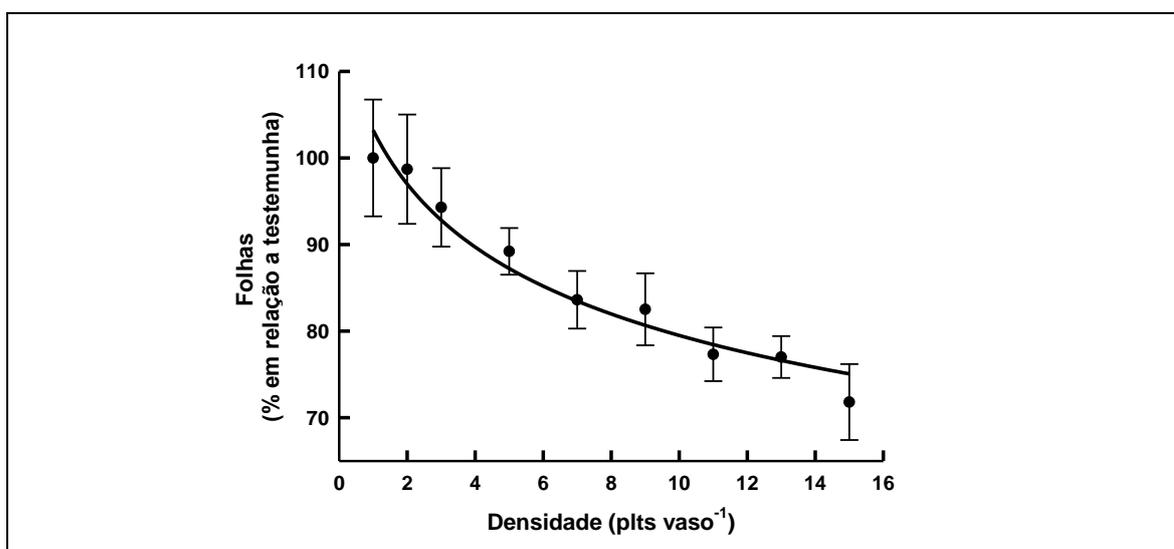


FIGURA 3.7 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso avaliado aos 28 DAE. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

A análise de variância da variável número de perfilhos por planta, avaliados aos 14, 21 e 28 DAE, mostrou efeito significativo ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,10$ ;  $p < 0,01$ ; respectivamente) para a densidade de plantas por vaso. A equação potência propiciou ajuste adequado aos dados médios (Figura 3.8 e Tabela 3.2).

Com exceção da densidade 15 plts vaso<sup>-1</sup> aos 21 DAE, as curvas não diferiram entre si para a variável número de perfilhos por planta aos 14 e 21 DAE. Aos 28 DAE o maior número de perfilhos foi encontrado nas densidades 1, 2 e 3

plts vaso<sup>-1</sup>. O menor número de perfilhos por planta foi encontrado nas densidades 9, 11, 13 e 15 plts vaso<sup>-1</sup>.

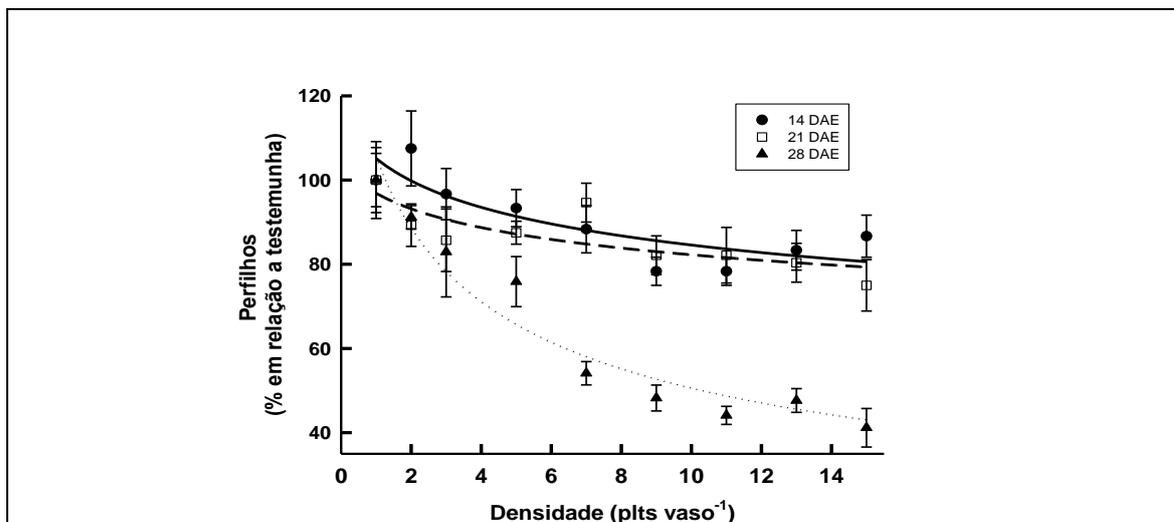


FIGURA 3.8 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso. Equações na Tabela 3.2. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

A análise de variância para as variáveis massa da parte aérea seca e de raiz (MPAS e MRS, respectivamente) apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a densidade de plantas por vaso. Na regressão, a equação logística propiciou ajuste adequado aos dados médios (Figura 3.9 e Tabela 3.2).

Os maiores valores de massa por planta foram obtidos nas densidades de 1 e 2 plts vaso<sup>-1</sup>. A menor MPAS e MRS por planta foi constatada para a densidade 15 plts vaso<sup>-1</sup>. Não houve diferenças entre as curvas MPAS e MRS. Conforme o aumento da densidade foi constatada diminuição da massa seca por planta.

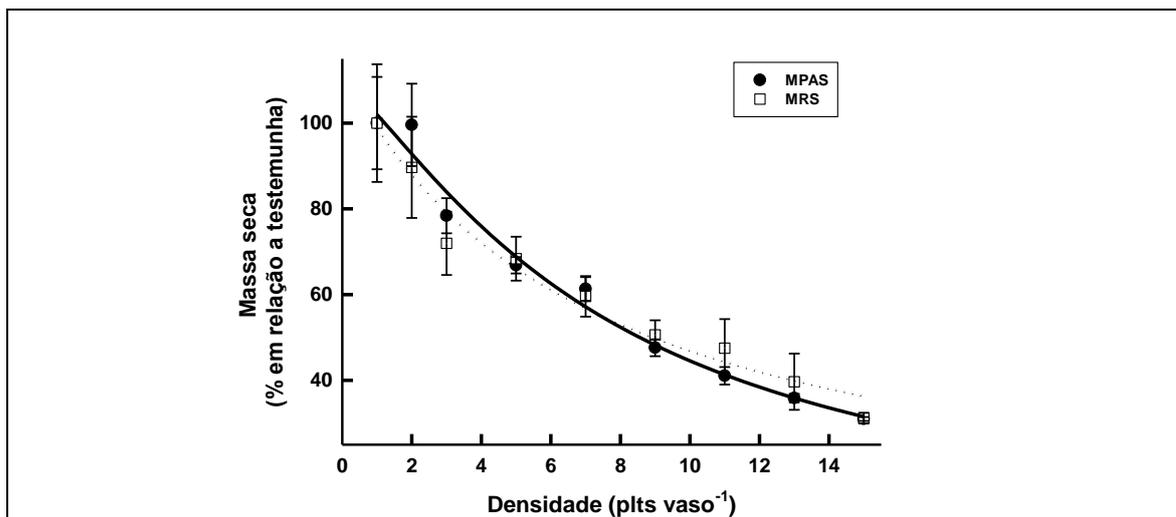


FIGURA 3.9 Massa da parte aérea seca e massa da raiz seca (MPAS e MRS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso avaliada aos 28 DAE. Equações na Tabela 3.2. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

Visualmente foi possível sintetizar o impacto de densidade em cada uma das variáveis avaliadas através do gráfico tipo radar (Figura 3.10). Dentre as variáveis avaliadas visualmente aquelas que mais foram influenciadas pela densidade foram as massas secas e perfilhos. Essas variáveis serão úteis na determinação de diferenças no experimentos 3.3.2.

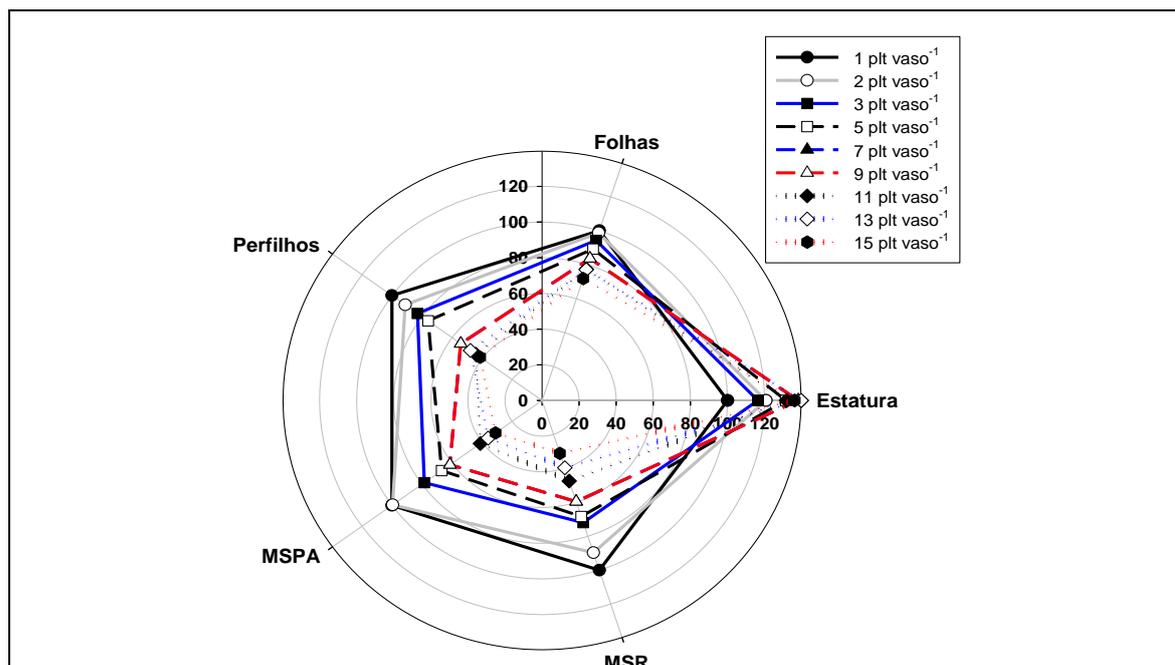


FIGURA 3.10 Gráfico tipo radar sintetizando o impacto da densidade nas variáveis: estatura (Estatura), número de folhas (Folhas), número de perfilhos (Perfilhos), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

### 3.3.2 Eficácia de herbicida sob duas densidades de plantas

Espécie reagente eudicotiledônea

A análise de variância para a variável tolerância de plantas (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$  e  $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida (aos 14; 21 e 28 DAA, respectivamente) em todas as épocas de avaliação. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.11 e Tabela 3.3).

Conforme o aumento da dose houve redução da tolerância de plantas. A menor tolerância foi encontrada nas plantas desbastadas depois da aplicação (desb DA) na dose 400 g ha<sup>-1</sup> do herbicida em todas as épocas de avaliação, embora aos 21 e 28 DAA não diferiu das doses 75, 100 e 200 g ha<sup>-1</sup> (desb DA).

Para as densidades de plantas com 1 planta por vaso durante todo o experimento (unitária) e plantas desbastadas antes da aplicação (desb AA), a menor tolerância numericamente foi encontrada nas doses de 200 e 400 g ha<sup>-1</sup> do herbicida. Com o decorrer das avaliações houve aumento das diferenças entre as curvas de densidade.

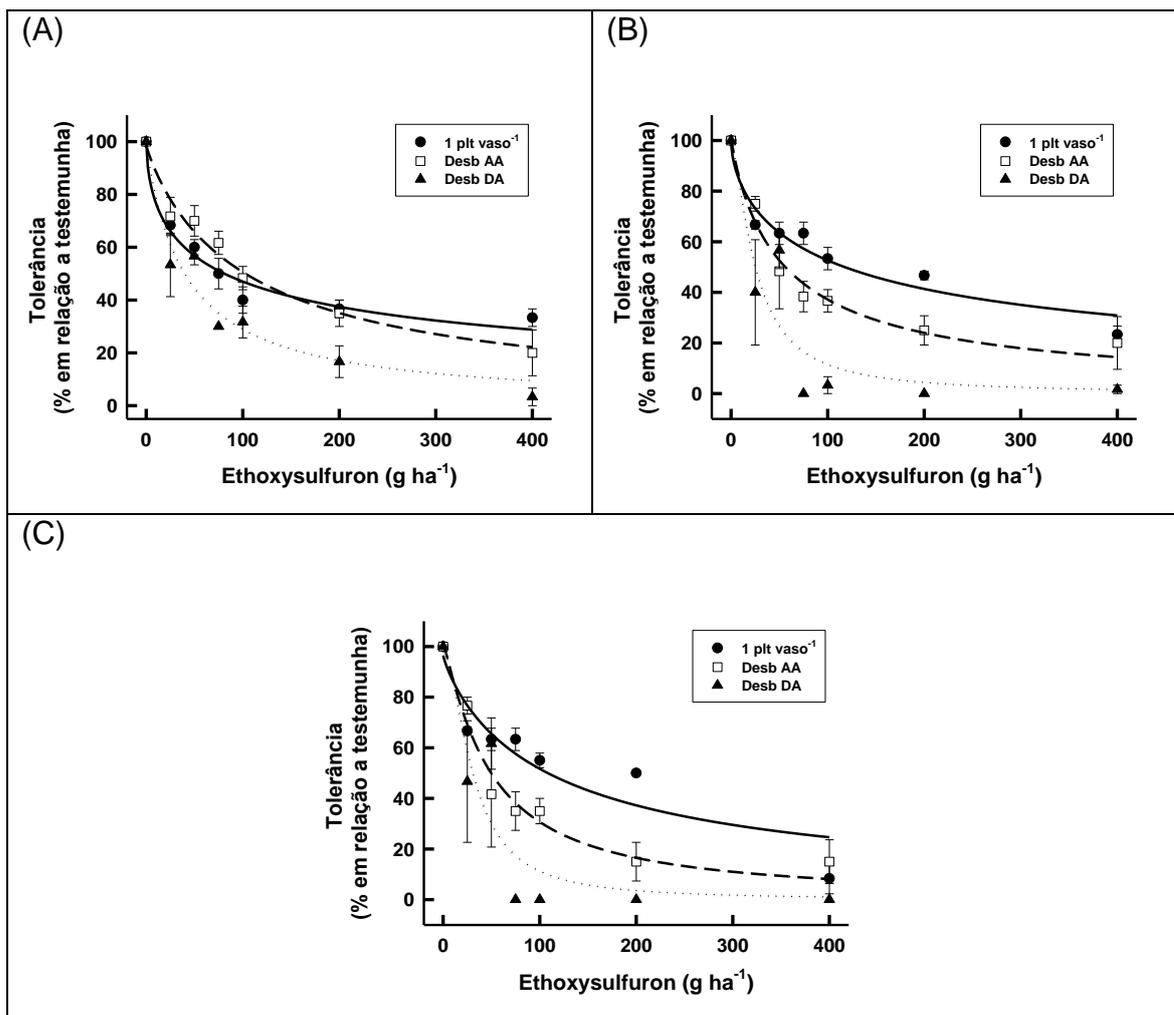


FIGURA 3.11 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliadas aos 14 DAA (A), 21 DAA (B) e 28 DAA (C). Equações na Tabela 3.3. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

TABELA 3.3 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de soja em três situações de densidade e em função das doses de ethoxysulfuron. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> DNS	Parâmetros da Equação (EP)#					
		a	b	D <sub>50</sub> ###	R <sup>2</sup>	P##	Equação
<b>Tolerância</b>							
14	1	100,42(4,64)**	0,56(0,10)**	79,8	96,0	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
14	DAA	98,55(4,70)**	0,93(0,13)**	105,9	96,7	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
14	DDA	99,04(8,34)**	0,98(0,26)*	40,6	93,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	1	98,72(6,40)**	0,66(0,15)*	122,2	92,3	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	DAA	101,19(5,68)**	0,90(0,15)**	54,8	96,0	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
21	DDA	98,93(18,49)**	1,49(0,96) <sup>ns</sup>	25,6	77,2	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	1	96,45(11,91)**	0,88(0,33) <sup>ns</sup>	117,8	80,1	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	101,39(7,05)**	1,16(0,23)**	48,6	95,0	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DDA	97,88(19,93)**	1,77(1,11) <sup>ns</sup>	31,5	75,5	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>Diâmetro do colmo</b>							
28	1	99,07(5,39)**	-0,09(0,01)**	-	84,2	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DAA	95,20(8,25)**	-0,07(0,02)*	-	55,3	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	101,44(8,32)**	-0,09(0,02)**	-	71,3	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
<b>Comprimento entrenós</b>							
28	1	4,19(0,16)**	-0,04(0,17)**	-	69,2	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
28	DAA	4,91(0,28)**	-0,05(0,01)*	-	64,0	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	5,89(0,46)**	-0,04(0,02) <sup>ns</sup>	-	29,6	<sup>ns</sup>	$y=a*(1+x)^b$
<b>Folhas</b>							
28	1	98,29(5,22)**	-0,10(0,01)**	-	87,8	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DAA	99,20(5,52)**	-0,15(0,02)**	92,4	92,1	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	103,00(9,08)**	-0,20(0,03)**	38,9	87,4	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
<b>Massa de folhas secas</b>							
28	1	98,83(6,35)**	-0,31(0,03)**	8,2	95,0	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DAA	98,82(8,00)**	-0,38(0,04)**	5,1	93,2	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	99,96(3,07)**	0,76(0,14)**	8,2	99,2	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
<b>Massa da parte aérea seca</b>							
28	1	98,97(6,35)**	-0,34(0,03)**	6,5	95,4	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DAA	99,02(6,70)**	-0,38(0,04)**	5,1	95,2	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	99,99(2,21)**	0,63(0,09)**	5,2	99,5	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,05; \*\* indica P< 0,01; <sup>ns</sup> = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na planta.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> DNS = Densidade de plantas; 1 planta por vaso; DAA = desbaste antes da aplicação; DDA = desbaste após a aplicação.

A análise de variância para a variável diâmetro do colmo (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as dose do herbicida e a densidade de plantas por vaso aos 28 DAE. A equação potência propiciou ajuste para o efeito de dose nas densidades testadas (Figura 3.12 e Tabela 3.3).

O maior diâmetro de colmo foi encontrado nos tratamentos sem aspensão de herbicida e na dose 25 g ha<sup>-1</sup> (Desb DA). Nas demais doses não foram encontradas diferenças.

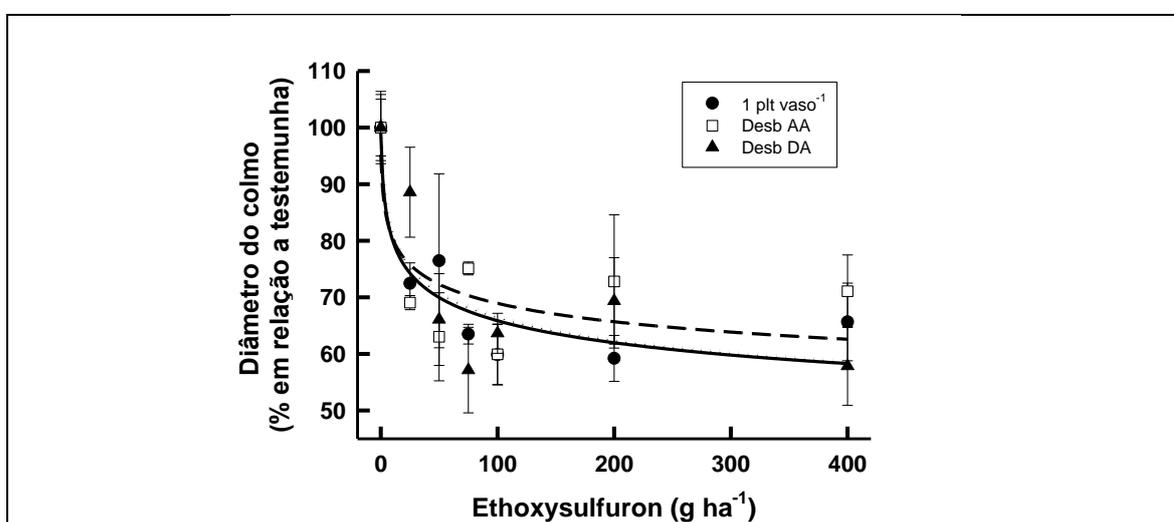


FIGURA 3.12 Diâmetro do colmo (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLOL/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

Na variável comprimento de entrenó (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as dose do herbicida e a densidade de plantas por vaso aos 28 DAE. A equação potência propiciou ajuste para o efeito de dose nas densidades testadas (Figura 3.13 e Tabela 3.3).

Numericamente o maior comprimento entrenós foi encontrado na dose 0 g ha<sup>-1</sup> da densidade desb DA, porém, não diferiu das doses 25; 50; 75; 100 e 400 g

ha<sup>-1</sup> (desb DA). Nas demais densidades o maior comprimento entrenós foi observado na dose 0 e 75 g ha<sup>-1</sup> e.a. (unitária e desb AA) e 50 g ha<sup>-1</sup> e.a. (desb AA).

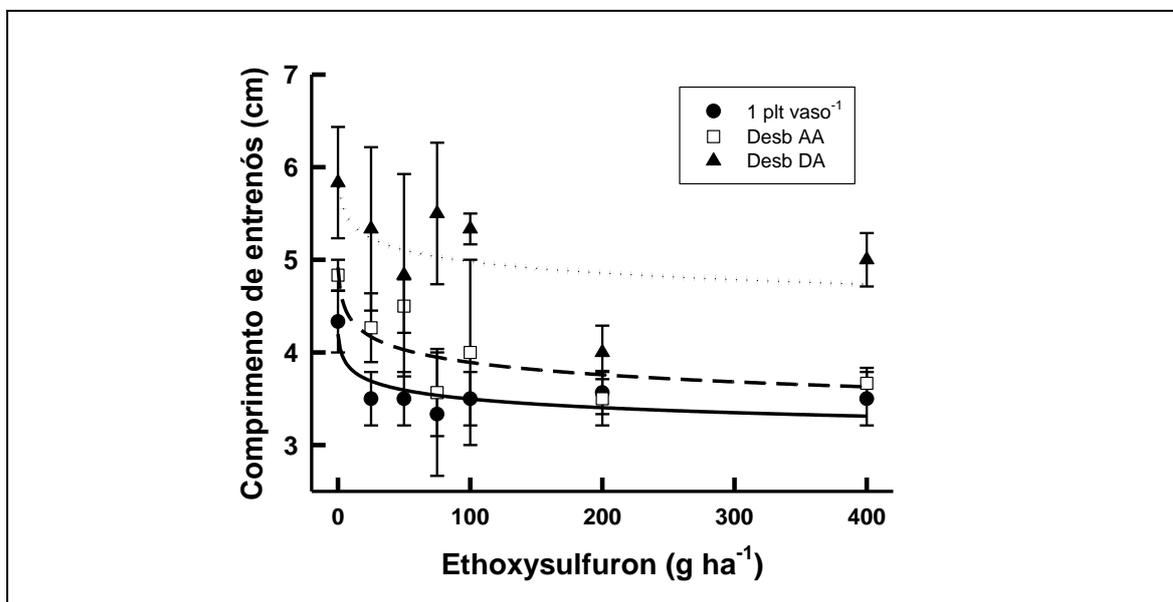


FIGURA 3.13 Comprimento de entrenós (cm) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

A análise de variância para a variável número de folhas (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) para densidade de plantas por vaso e dose do herbicida aos 28 DAE. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.14 e Tabela 3.3).

O maior número de folhas por plantas foi encontrado nos tratamentos sem aspersão do herbicida em todas as densidades. O menor número de folhas de plantas foi encontrado nas plantas desb DA na dose 75, 200 e 400 g ha<sup>-1</sup> do herbicida. Para cada uma das demais densidades não diferiram entre si quanto ao menor número de folhas de plantas. As curvas diferiram entre si nas doses 75, 100 e 400 g ha<sup>-1</sup> (desb DA) e 200 g ha<sup>-1</sup> (unitário).

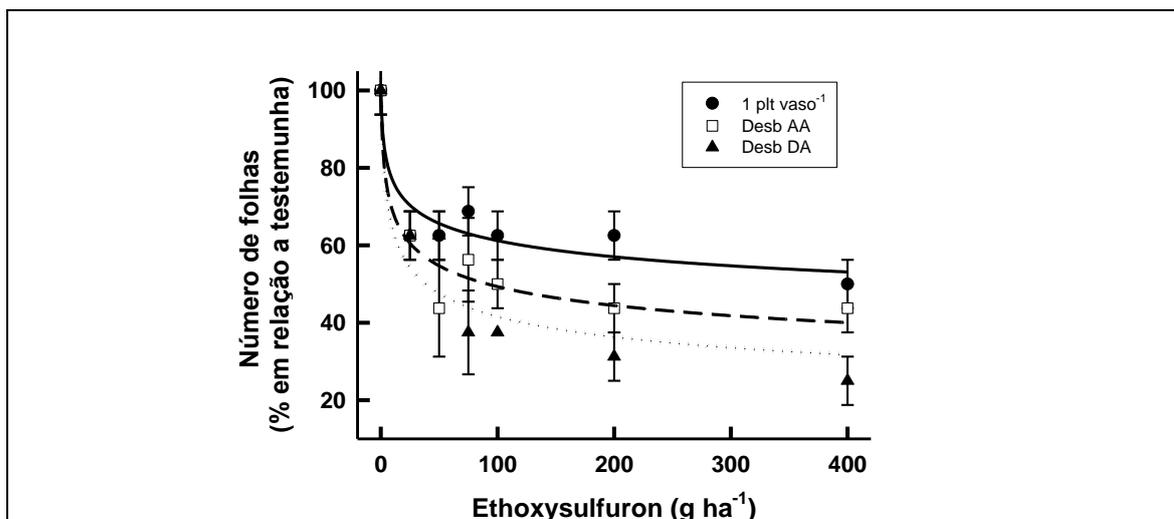


FIGURA 3.14 Número de folhas (% em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

A análise de variância para as variáveis massa da parte aérea e de folhas secas (MPAS e MFS, respectivamente; % em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$  e  $p < 0,01$ ) entre as dose do herbicida e a densidade de plantas por vaso (para MPAS e MFS, respectivamente). A equação logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.15 e Tabela 3.3).

A maior MPAS e MFS foi obtida nas plantas sem aspersão do herbicida em todas as densidades. A menor MPAS e MFS foi obtida nas plantas desbastadas depois da aplicação (desb DA) na dose 400 g ha<sup>-1</sup> do herbicida, mas não diferiu das doses 50 e 200 g ha<sup>-1</sup> (desb DA). Para cada uma das demais densidades não diferiram entre si quanto a massa seca de plantas (MPAS e MFS). As curvas se diferenciaram nas doses 100 (unitário) e 400 g ha<sup>-1</sup> (desb DA).

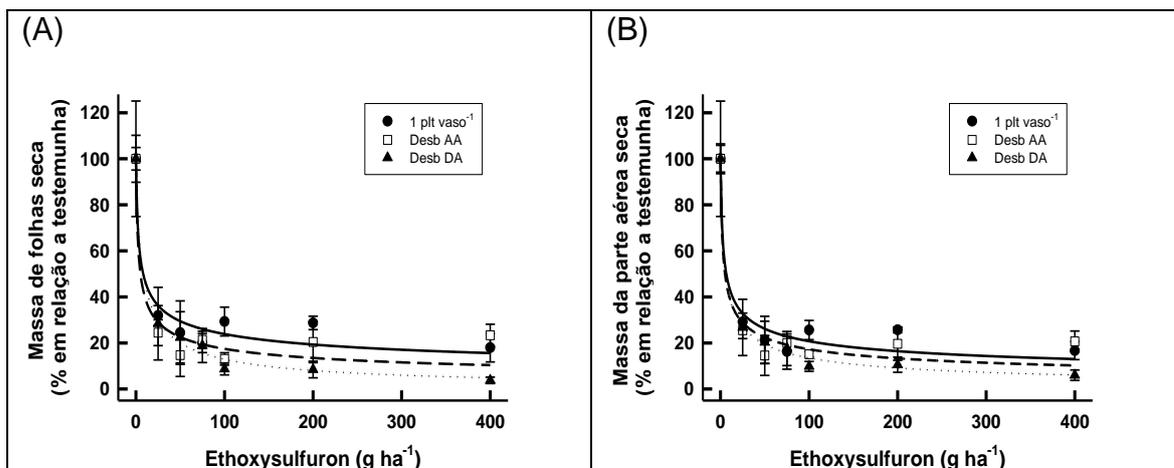


FIGURA 3.15 Massa de folhas seca (MFS; A) e massa da parte aérea seca (MPAS; B; % em relação a testemunha) de plantas de soja em três situações de densidades e em função de doses de ethoxysulfuron avaliado aos 30 DAA. Equações na Tabela 3.3. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

#### Espécie reagente monocotiledônea

Para a variável tolerância de plantas (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida avaliados aos 21 e 28 DAA. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.16 e Tabela 3.4).

Conforme o aumento da dose, há diminuição da tolerância em todas as densidades e épocas de avaliação. Aos 21 DAA a menor tolerância de plantas foi encontrada nas doses de 187, 250 e 312,5 g ha<sup>-1</sup> e.a. em todas as densidades e esta não diferiu da doses 125 g ha<sup>-1</sup> e.a. (unitária). Aos 28 DAA a menor tolerância de plantas foi encontrada nas doses 125, 187, 250 e 312 g ha<sup>-1</sup> e.a. em todas as densidades. Com o decorrer das avaliações houve diminuição das diferenças entre as curvas de densidade.

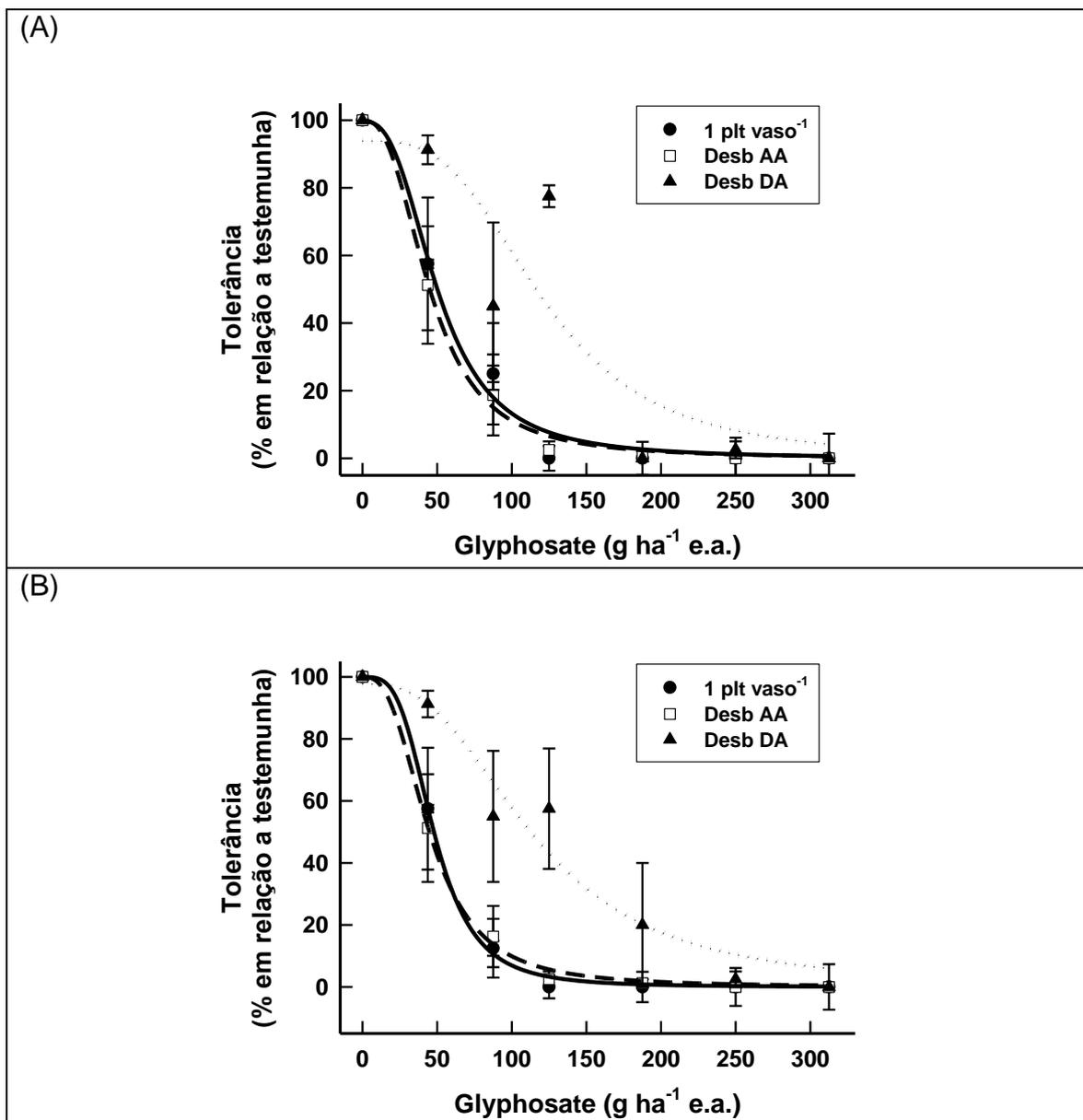


FIGURA 3.16 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliadas aos 21 DAA (A) e 28 DAA (B). Equações na Tabela 3.4. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

TABELA 3.4 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> DNS	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>			D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	Equação
		a	b					
<b>Tolerância</b>								
21	1	99,60(5,46) <sup>***</sup>	2,72(0,49) <sup>***</sup>	50,3	98,0	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
21	DAA	99,86(2,88) <sup>***</sup>	2,61(0,28) <sup>***</sup>	45,1	99,4	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
21	DDA	93,87(18,33) <sup>***</sup>	3,23(2,23) <sup>ns</sup>	121,1	73,7	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	1	99,93(1,93) <sup>***</sup>	3,52(0,28) <sup>***</sup>	47,8	99,8	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DAA	99,91(2,10) <sup>***</sup>	2,75(0,23) <sup>***</sup>	44,9	99,7	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DDA	97,74(8,92) <sup>***</sup>	2,72(0,80) <sup>**</sup>	114,6	93,4	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
<b>Folhas</b>								
21	1	99,65(6,46) <sup>***</sup>	-0,14(0,02) <sup>***</sup>	94,7	89,8	<0,01	$y=a*(1+x)^b$	
21	DAA	98,56(6,92) <sup>***</sup>	-0,25(0,02) <sup>***</sup>	136,6	93,5	<0,01	$y=a*(1+x)^b$	
21	DDA	107,22(14,84) <sup>***</sup>	-0,24(0,08) <sup>**</sup>	238,4	54,2	<0,05	$y=a+b*x$	
28	1	100,21(7,58) <sup>***</sup>	0,39(0,19) <sup>ns</sup>	72,6	89,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DAA	99,07(5,19) <sup>***</sup>	-0,28(0,02) <sup>***</sup>	10,5	96,6	<0,01	$y=a*(1+x)^b$	
28	DDA	108,41(14,77) <sup>***</sup>	-0,26(0,08) <sup>**</sup>	224,6	60,2	<0,05	$y=a+b*x$	
<b>Perfilhos</b>								
14	1	100,16(8,17) <sup>***</sup>	-0,05(0,02) <sup>**</sup>	-	48,3	<0,05	$y=a*(1+x)^b$	
14	DAA	99,77(10,69) <sup>***</sup>	-0,08(0,02) <sup>**</sup>	-	53,4	<0,05	$y=a*(1+x)^b$	
14	DDA	97,91(8,39) <sup>***</sup>	-0,14(0,02) <sup>***</sup>	138,8	81,5	<0,01	$y=a+b*x$	
21	1	107,28(19,65) <sup>***</sup>	-0,22(0,11) <sup>*</sup>	-	34,3	<0,10	$y=a+b*x$	
21	DAA	101,92(10,10) <sup>***</sup>	-0,21(0,03) <sup>***</sup>	242,6	86,6	<0,01	$y=a+b*x$	
21	DDA	109,99(16,02) <sup>***</sup>	-0,31(0,09) <sup>**</sup>	193,5	64,3	<0,05	$y=a+b*x$	
28	1	107,23(20,65) <sup>***</sup>	-0,26(0,12) <sup>*</sup>	223,5	39,1	<0,10	$y=a+b*x$	
28	DAA	100,80(6,89) <sup>***</sup>	1,09(0,23) <sup>***</sup>	59,0	94,9	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DDA	116,57(21,90) <sup>***</sup>	2,14(1,22) <sup>ns</sup>	135,9	67,6	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
<b>Massa da parte aérea seca</b>								
28	1	100,97(9,13) <sup>***</sup>	1,26(0,35) <sup>**</sup>	50,9	92,0	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DAA	99,98(2,57) <sup>***</sup>	0,96(0,15) <sup>***</sup>	14,9	99,4	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	
28	DDA	98,93(9,95) <sup>***</sup>	1,05(0,32) <sup>**</sup>	73,7	89,2	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$	

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P<0,01; ns = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na planta.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> DNS = Densidade de plantas; 1 planta por vaso; DAA = desbaste antes da aplicação; DDA = desbaste após a aplicação.

A análise de variância para a variável perfilhos de plantas (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida aos 21 e 28 DAA. As equações linear, logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.17 e Tabela 3.4).

Conforme o aumento das doses e no decorrer das avaliações houve diminuição no número de perfilhos por planta em todas as densidades, com exceção da dose  $43 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. nas densidades unitária e desb DA. O maior perfilhamento ocorreu na dose  $43 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. aos 21 e 28 DAA (nas densidades unitária e desb DA). Aos 21 DAA numericamente o menor número de perfilhos por planta foi encontrado na dose  $312 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. nas densidades desb AA e desb DA. De modo semelhante a avaliação anterior, aos 28 DAA a menor média de perfilhos por planta foi encontrado na dose  $312 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. das densidades desb DAA e desb DDA.

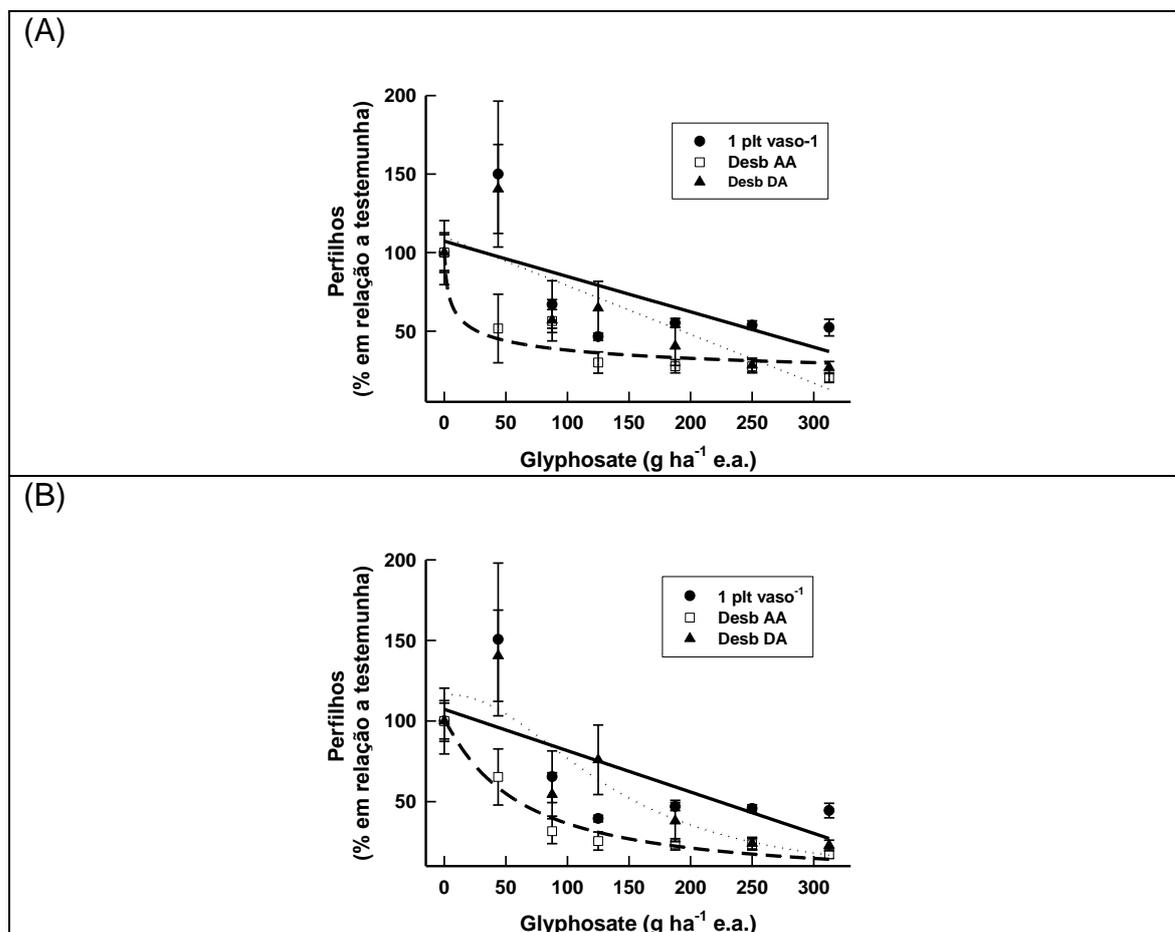


FIGURA 3.17 Perfílios (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 21 DAA (A) e 28 DAA (B). Equações na Tabela 3.4. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

Para a variável número de folhas de plantas (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida em todas as épocas de avaliação. A equação linear, logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.18 e Tabela 3.4).

Conforme o aumento da dose do herbicida e no decorrer das avaliações constatou-se diminuição do número de folhas por planta em todas as densidades testadas, com exceção da dose  $43 \text{ g ha}^{-1} \text{ e.a.}$  na densidade desb DA. O maior

número de folhas foi observado nas doses 0 g ha<sup>-1</sup> (de todas as densidades) e 43 g ha<sup>-1</sup> da densidade desb DA. O menor número de folhas ocorreu na densidade desb AA nas doses 43, 125 e 312 g ha<sup>-1</sup> e.a. em todas as épocas de avaliação.

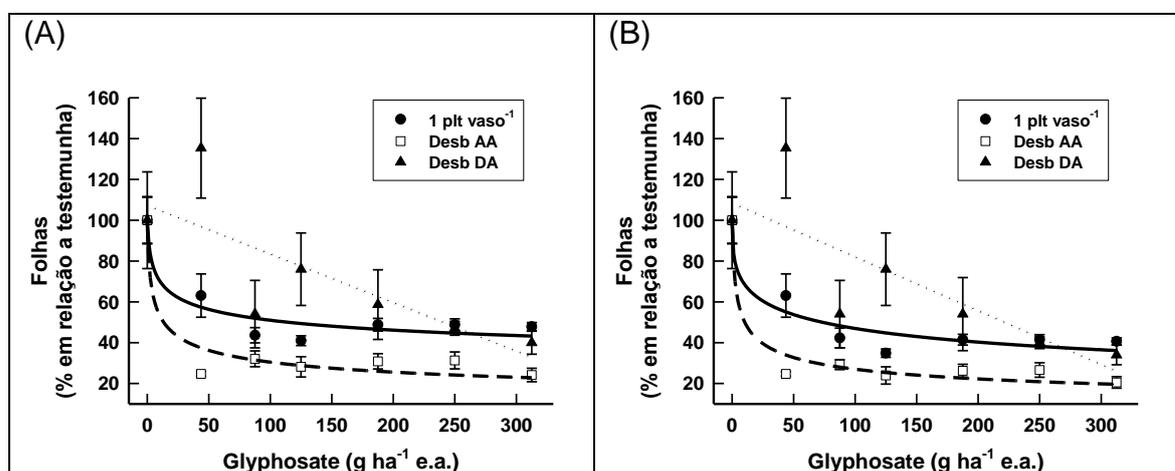


FIGURA 3.18 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 21 DAA (A) e 28 DAA (B). Equações na Tabela 3.4. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

Na variável massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.19 e Tabela 3.4).

Conforme o aumento da dose do herbicida houve redução da massa da parte aérea seca por planta em todas as densidades testadas. A maior MPAS foi observado nas plantas sem herbicida (de todas as densidades). A menor MPAS foi observada visualmente nas doses 250 g ha<sup>-1</sup> (planta unitária) e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate (desb AA e desb DA. A curva da densidade desb AA diferiu das demais nas doses 125, 187 e 250 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida. O valor de D<sub>50</sub> foi de 51, 15 e 74 g ha<sup>-1</sup> e.a., para as densidades 1 planta, desb AA e desb DA, respectivamente.

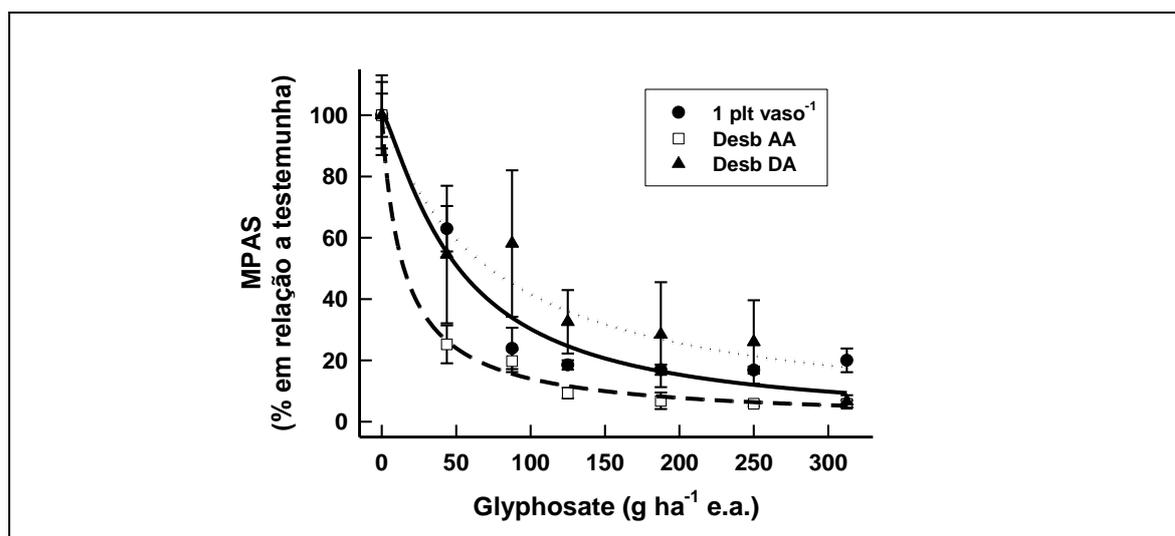


FIGURA 3.19 Massa da parte aérea seca (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 30 DAA. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

### 3.3.3 Experimento de campo

#### 3.3.3.1 Eficácia de herbicida em quatro condições de densidades e aplicação aos 28 DAE

A análise de variância para a variável tolerância de plantas (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas e doses do herbicida aos 23 DAA. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.20 e Tabela 3.5).

Conforme o aumento das doses do herbicida, se constatou diminuição da tolerância de plantas, a exceção foi a dose 40 g ha<sup>-1</sup> e.a. em todas as densidades. A maior tolerância de plantas foi encontrada na dose 0 e 40 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida em todas as densidades. As curvas não diferiram entre si em nenhuma das doses testadas. O D<sub>50</sub> obtido foi 101, 137, 189 e 153 g ha<sup>-1</sup> e.a. para as densidades 1 planta, desb AA, desb DA e ND, respectivamente.

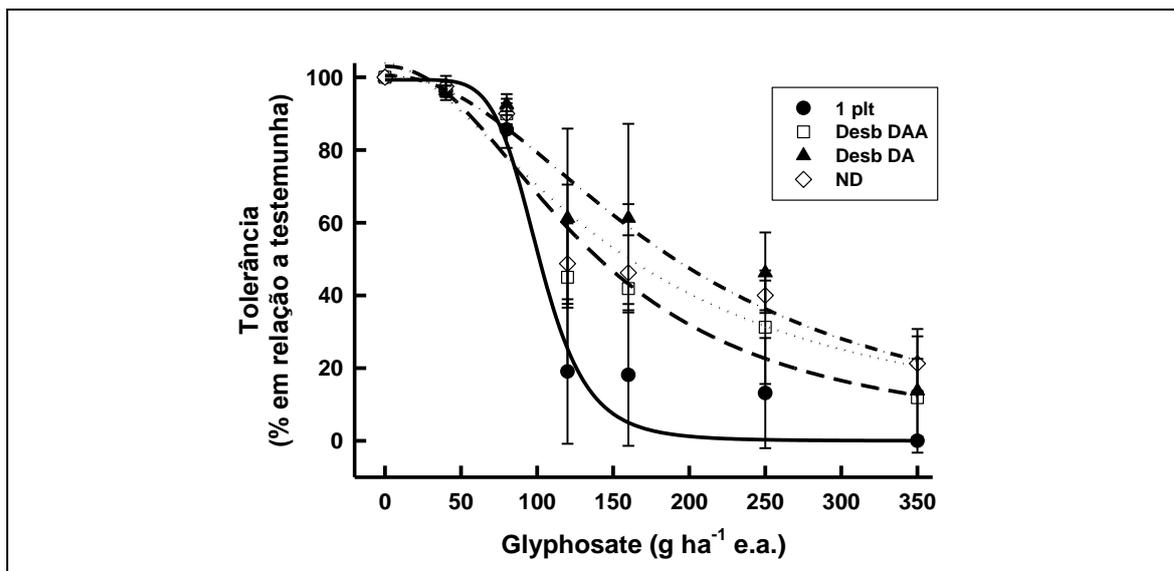


FIGURA 3.20 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

TABELA 3.5 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em quatro situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

		Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>						
<sup>1</sup> DAA <sup>2</sup> DNS		a	b	y <sub>0</sub>	D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	Equação
<b>Tolerância</b>								
23	1	99,32(7,13) <sup>***</sup>	6,46(2,11) <sup>**</sup>	-	101,7	94,9	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DAA	102,99(8,84) <sup>***</sup>	2,11(0,58) <sup>**</sup>	-	137,0	91,7	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DDA	100,47(7,44) <sup>***</sup>	2,06(0,55) <sup>**</sup>	-	189,5	91,4	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	ND	103,92(9,55) <sup>***</sup>	1,71(0,49) <sup>**</sup>	-	153,7	88,9	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
<b>Folhas</b>								
23	1	100,83(6,31) <sup>***</sup>	0,67(0,22) <sup>**</sup>	-	-	85,3	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DAA	118,99(10,16) <sup>***</sup>	2,34(1,22) <sup>ns</sup>	-	-	71,8	<0,05	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DDA	103,99(12,55) <sup>***</sup>	1,00(0,40) <sup>*</sup>	-	157,04	76,6	<0,05	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	ND	96,46(4,72) <sup>***</sup>	-0,05(0,02) <sup>*</sup>	-	-	33,9	<0,10	y=a+b*x
<b>Estatura</b>								
23	1	94,28(8,82) <sup>***</sup>	-0,05(0,02) <sup>*</sup>	-	-	69,2	<0,05	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
23	DAA	103,48(12,16) <sup>***</sup>	-0,07(0,03) <sup>**</sup>	-	-	45,5	<0,10	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
23	DDA	102,30(7,23) <sup>***</sup>	-0,08(0,02) <sup>***</sup>	-	-	74,9	<0,01	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
23	ND	93,07(8,37) <sup>***</sup>	-0,19(0,12) <sup>ns</sup>	0,0008(0,00) <sup>*</sup>	-	63,7	<0,10	y=a+b*x+y <sub>0</sub> *x <sup>2</sup>
<b>Massa seca da parte aérea</b>								
23	1	101,51(10,49) <sup>***</sup>	0,90(0,30) <sup>**</sup>	-	73,8	86,3	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DAA	102,54(7,41) <sup>***</sup>	1,25(0,28) <sup>**</sup>	-	148,8	92,3	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	DDA	102,43(8,27) <sup>***</sup>	1,16(0,27) <sup>**</sup>	-	112,8	91,4	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>
23	ND	100,06(2,02) <sup>***</sup>	0,45(6,74) <sup>***</sup>	-	38,6	99,3	<0,01	y=a/1+(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup>

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P<0,01; ns = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na planta.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> DNS = Densidade de plantas; 1 planta por vaso; DAA = desbaste antes da aplicação; DDA = desbaste após a aplicação; ND = não desbastado.

A análise de variância para a variável número de folhas (% em relação à testemunha) evidenciou interação significativa (p<0,15) entre densidade de plantas e dose do herbicida. As equações linear e logística propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.21 e Tabela 3.5).

Os dados observados apresentaram grande variabilidade. Numericamente o maior número de folhas foi observado na dose de 40 g ha<sup>-1</sup> na densidade desb AA. O menor número de folhas numericamente foi observado na dose 350 g ha<sup>-1</sup> da densidade desb DA. As curvas diferiram entre si nas doses 40 e 80 g ha<sup>-1</sup> e.a. (na densidade desb AA) e 120 e 250 g ha<sup>-1</sup> e.a. (densidade desb DA).

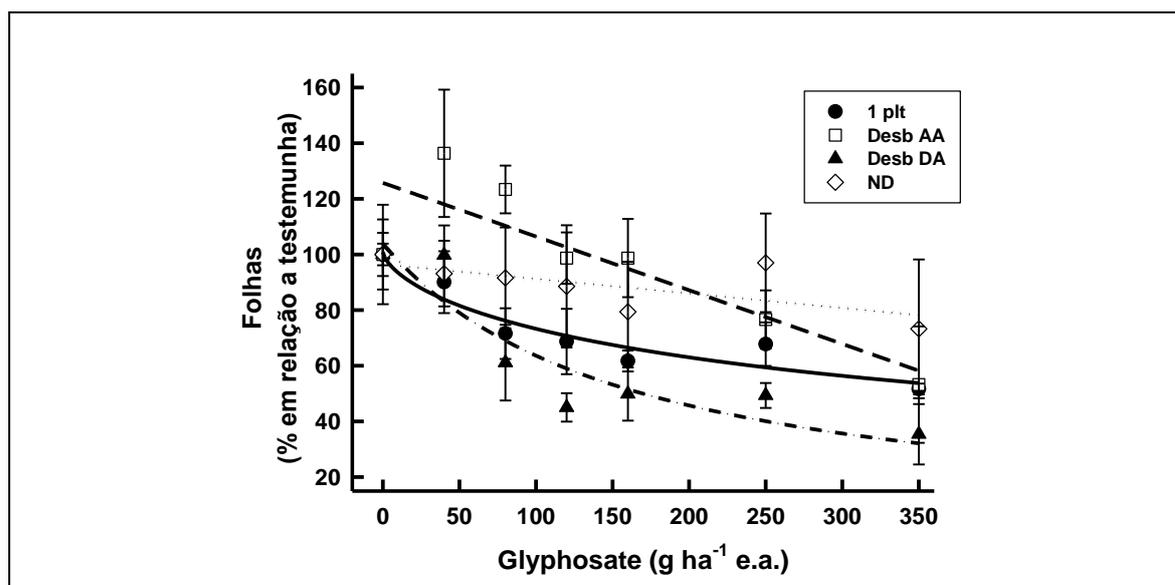


FIGURA 3.21 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

Para a variável estatura de plantas (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas e dose do herbicida aos 23 DAA. As equações potência e quadrática propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.22 e Tabela 3.5).

A maior estatura de plantas foi obtida na dose de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. na densidade não desbastada. Para as demais densidades a maior estatura numericamente foi nas plantas não tratadas com herbicida. A menor estatura observada foi na dose 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. na densidade desb AA. A curva da

densidade não desbastada tendeu ao aumento da estatura conforme o aumento das doses do herbicida. Para as demais curvas o aumento da dose do herbicida tendeu na diminuição da estatura. As curvas diferiram entre si apenas nas doses de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. nas densidades desb AA e ND.

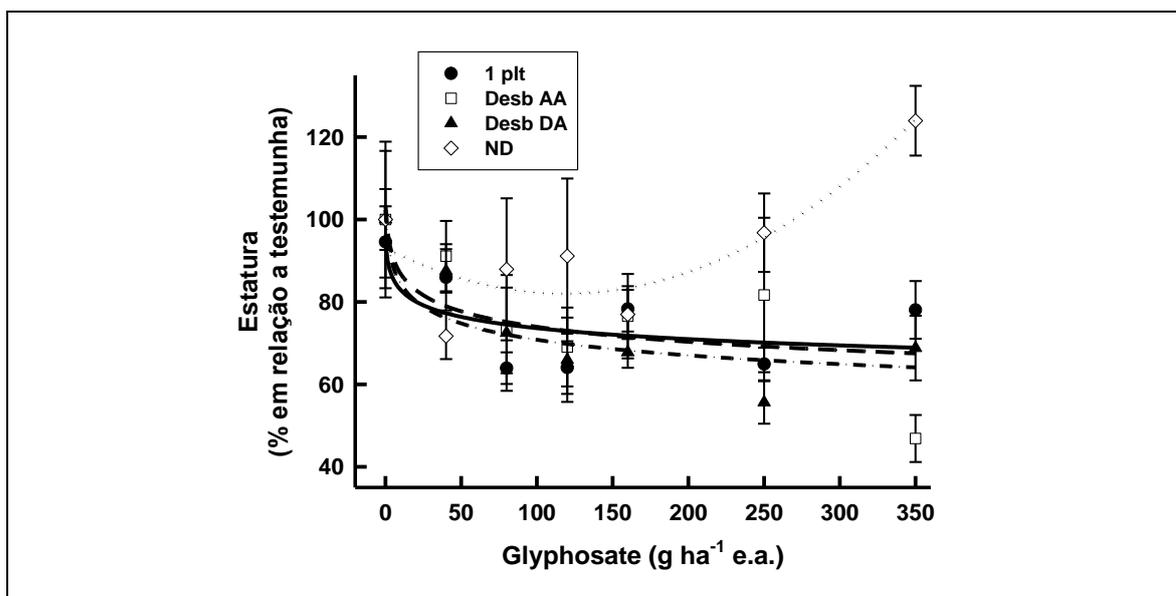


FIGURA 3.22 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

Na análise de variância para massa da parte aérea seca de plantas de azevém evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas e dose do herbicida aos 23 DAA. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.23 e Tabela 3.5).

Conforme o aumento das doses do herbicida há diminuição das MPAS em todas as situações de densidade. Numericamente, as maiores MPAS por planta foram observadas nas plantas de azevém sem aspersão do herbicida em todas as situações de densidade. Já as menores MPAS de plantas foram observadas numericamente na dose de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate em todas as densidades. As curvas diferiram entre si nas doses 40 e 80 g ha<sup>-1</sup> e.a. do

herbicida nas plantas desbastadas antes da aplicação e depois da aplicação (DAA e DDA) em relação as demais situações de densidade.

Os  $D_{50}$  obtidos foram 74, 149, 113 e 39  $\text{g ha}^{-1}$  e.a. de glyphosate para a planta unitária, desb AA, desb DA e ND. Destaca-se os maiores valores de  $D_{50}$  encontrados nas plantas desb AA e desb DA sendo de 1,5 a 3,8 vezes maiores do que das demais densidades (Tabela 3.5).

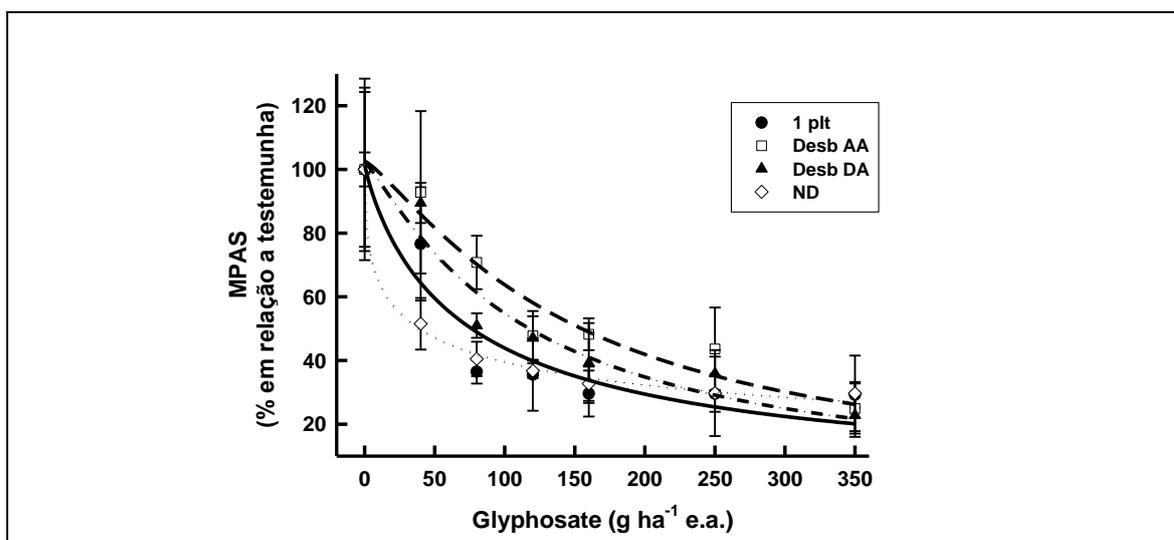


FIGURA 3.23 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em quatro situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 23 DAA. Equações na Tabela 3.5. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

### 3.3.3.2 Eficácia de herbicida em plantas três condições de densidades e aplicação aos 51 DAE

A análise de variância para tolerância de plantas de azevém evidenciou interação significativa aos 9 DAA ( $p < 0,05$ ), 18 e 28 DAA ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas e dose do herbicida. A equação logística propiciou ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.24 e Tabela 3.6).

Em todas as densidades e épocas de avaliação, houve redução da tolerância inversamente proporcional ao incremento da dose do herbicida glyphosate. Aos 9 e 28 DAA (Figura 3.24) as curvas diferiram entre si na dose 160

g ha<sup>-1</sup> e.a. no Desb DA. Similarmente, aos 9 e 18 DAA, as curvas diferiram entre si na dose 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. o Desb DA em relação aos demais tratamentos (1 planta e Desb AA).

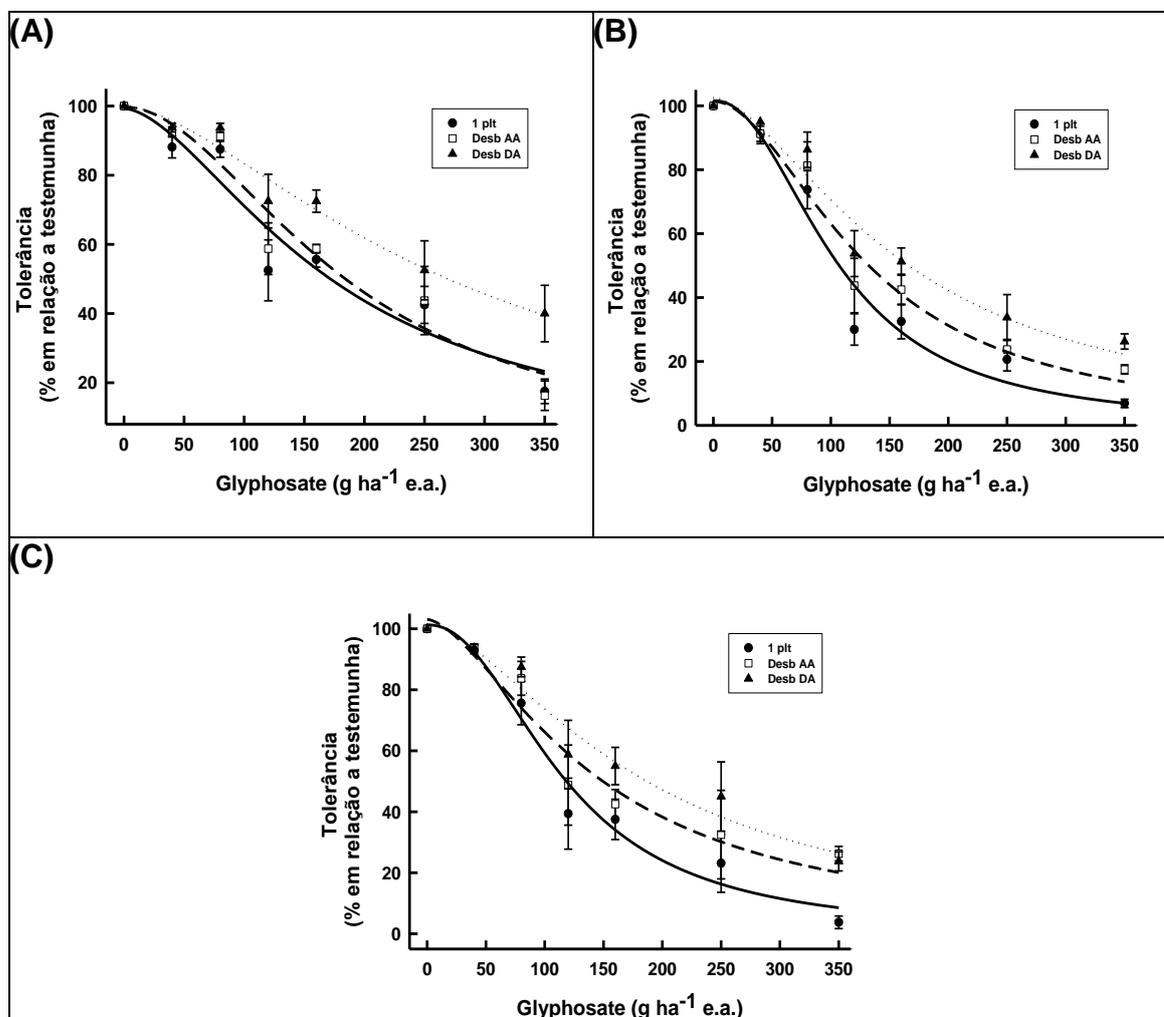


FIGURA 3.24 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 9 DAA (A), 18 DAA (B) e 28 DAA (C). Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

TABELA 3.6 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 51 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

		Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>						
<sup>1</sup> DAA <sup>2</sup> DNS		a	b	y <sub>0</sub>	D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	Equação
----- Tolerância -----								
9	1	99,26(8,28) <sup>***</sup>	1,68(0,46) <sup>**</sup>	-	173,3	90,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
9	DAA	99,71(7,17) <sup>***</sup>	1,93(0,49) <sup>**</sup>	-	184,7	92,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
9	DDA	100,01(3,93) <sup>***</sup>	1,62(0,28) <sup>***</sup>	-	269,5	97,2	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
18	1	101,61(8,15) <sup>***</sup>	2,18(0,54) <sup>**</sup>	-	105,6	96,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
18	DAA	101,41(6,63) <sup>***</sup>	1,89(0,38) <sup>***</sup>	-	130,3	95,2	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
18	DDA	102,56(6,22) <sup>***</sup>	1,66(0,32) <sup>***</sup>	-	161,1	94,7	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	1	101,29(6,42) <sup>***</sup>	2,18(0,43) <sup>***</sup>	-	117,0	96,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	103,04(7,75) <sup>***</sup>	1,59(0,37) <sup>**</sup>	-	143,9	92,6	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DDA	101,33(6,04) <sup>***</sup>	1,62(0,33) <sup>***</sup>	-	183,7	94,3	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
----- Estatura -----								
28	1	101,63(6,86) <sup>***</sup>	0,73(0,25) <sup>**</sup>	-	-	83,0	<0,05	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	99,08(2,88) <sup>***</sup>	-0,10(0,01) <sup>***</sup>	-	-	96,2	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	99,69(5,64) <sup>***</sup>	-0,07(0,01) <sup>***</sup>	-	-	78,3	<0,01	$y=a*(1+x)^b$
----- Perfilhos -----								
28	1	114,50(12,91) <sup>***</sup>	0,30(0,19) <sup>ns</sup>	-0,001(0,00)	-	63,1	<0,10	$y=a+b*x+y_0*x^2$
28	DAA	101,46(11,62) <sup>***</sup>	0,05(0,02) <sup>ns</sup>	-	-	35,8	<0,10	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	95,12(15,08) <sup>***</sup>	0,80(0,22) <sup>**</sup>	-0,002(0,00)	-	66,0	<0,10	$y=a+b*x+y_0*x^2$
----- Massa da parte aérea seca -----								
28	1	99,89(5,34) <sup>***</sup>	1,31(0,22) <sup>***</sup>	-	164,3	95,5	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	100,83(10,60) <sup>***</sup>	-0,10(0,03) <sup>**</sup>	-	-	66,6	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
28	DDA	99,38(7,29) <sup>***</sup>	0,61(52,05) <sup>**</sup>	-	158,8	88,7	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P< 0,01; ns = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na planta.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> DNS = Densidade de plantas; 1 planta por vaso; DAA = desbaste antes da aplicação; DDA = desbaste após a aplicação.

A análise de variância para estatura de plantas de azevém evidenciou interação significativa (p<0,15) entre densidade de plantas de azevém e as doses do herbicida glyphosate. As equações logística e potência propiciaram ajuste para

o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.25 e Tabela 3.6).

Com o aumento das doses do herbicida houve redução da estatura em todas as situações de densidade. Numericamente, as maiores estaturas de plantas foram observadas nas plantas de azevém sem a aplicação do herbicida glyphosate, independente da densidade. Enquanto que, as menores estaturas de plantas foram observadas quando glyphosate foi aspergido na dose de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. independente da densidade de plantas. As curvas diferiram entre si nas doses 80 e 250 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida nas plantas desbastadas antes da aplicação e depois da aplicação (DAA e DDA, respectivamente), em relação as demais situações de densidade.

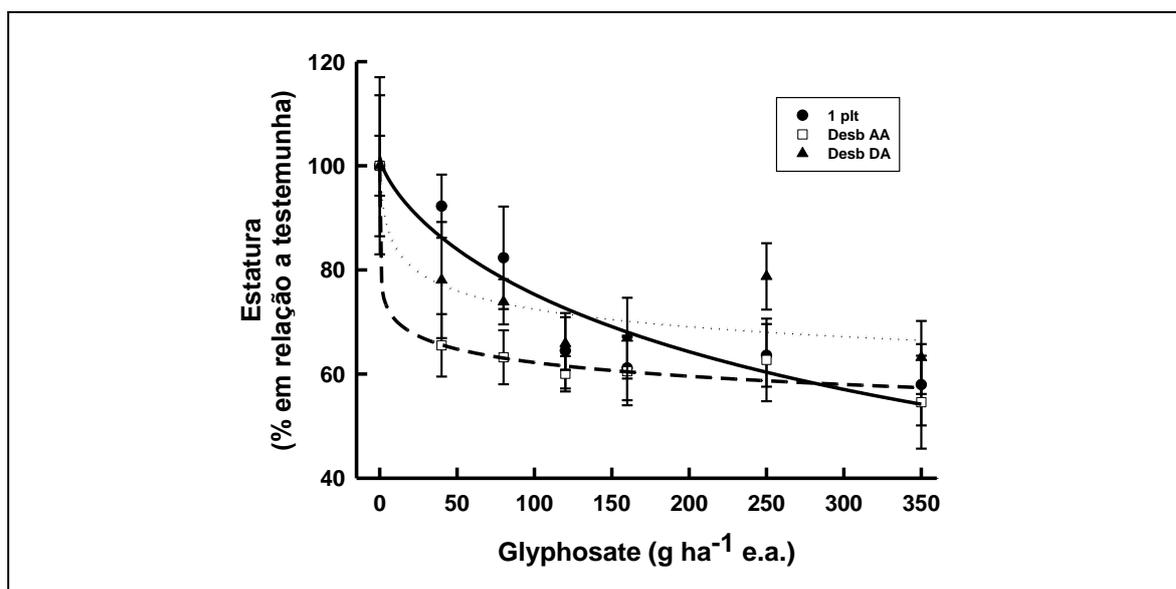


FIGURA 3.25 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

Para a variável perfilho de plantas de azevém, a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas e dose do

herbicida. As equações quadrática e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.26 e Tabela 3.6).

Nos tratamentos desb AA e desb DA, conforme o aumento das doses do herbicida houve aumento do número de perfilhos por planta. Já no tratamento com uma planta, até a dose de  $160 \text{ g ha}^{-1}$  do herbicida não houve diferenças, e, a partir dessa dose, houve diminuição do número de perfilhos. Numericamente, o maior número de perfilhos foi obtido na dose 80, 120 e  $160 \text{ g ha}^{-1}$  para os tratamentos com uma planta, desb DA e desb AA, respectivamente (Figura 3.26, Tabela 3.6). Os menores números de perfilhos foram observados nas doses  $0 \text{ g ha}^{-1}$  (densidades desb AA e desb DA) e na dose  $350 \text{ g ha}^{-1}$  (1 planta). A curva do tratamento desb DA se diferiu das demais nas doses 120 e  $250 \text{ g ha}^{-1}$  do herbicida. A curva do tratamento com uma planta se diferiu das demais na dose  $350 \text{ g ha}^{-1}$ .

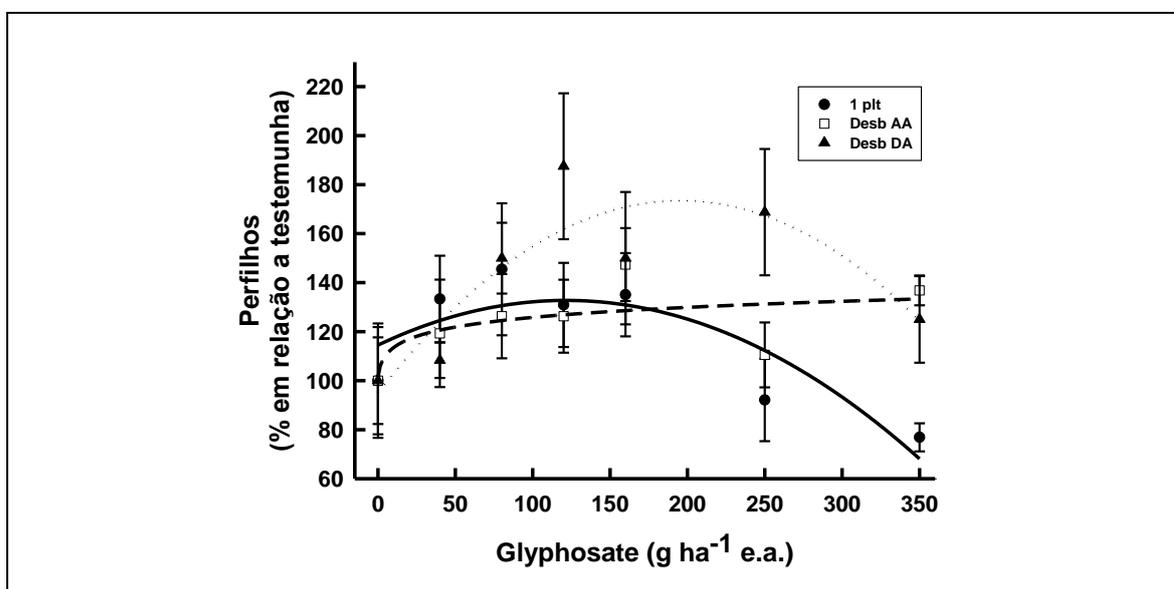


FIGURA 3.26 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

A análise de variância para massa da parte aérea seca de plantas de azevém evidenciou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre densidade de plantas e dose do herbicida. As equações logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.27 e Tabela 3.6).

Conforme o aumento das doses do herbicida há diminuição das MPAS em todas as situações de densidade. Numericamente as maiores MPAS por planta foram observadas nas plantas de azevém com a dose  $0 \text{ g ha}^{-1}$  de e.a. do herbicida em todas as situações de densidade. Nos tratamentos com uma planta e desb DA a menor MPAS foi observada quando glyphosate foi aspergido na dose  $350 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. No tratamento desb AA, a menor MPAS foi obtida nas plantas tratadas com glyphosate na dose  $120 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. Nas plantas desb AA, As curvas diferiram entre si na dose  $350 \text{ g ha}^{-1}$  e.a.

Os  $D_{50}$  obtidos foram  $164$  e  $159 \text{ g ha}^{-1}$  e.a. de glyphosate, para os tratamentos planta unitária e desb DA, respectivamente. Para as plantas do tratamento desb AA o valor de  $D_{50}$  ficou acima da dose máxima utilizada no experimento (Tabela 3.6).

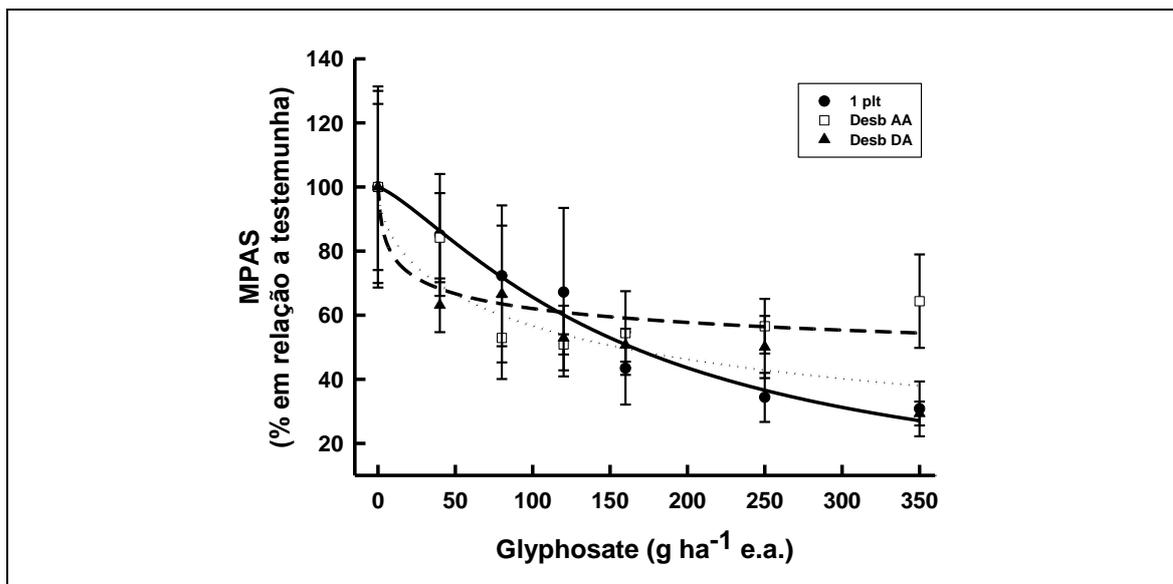


FIGURA 3.27 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate, avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

### 3.3.3.3 Eficácia de herbicida em três condições de densidades em aplicação sequencial

A análise de variância para tolerância de plantas de azevém evidenciou interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas e dose do herbicida. As equações logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.28 e Tabela 3.7).

Em todas as situação de densidade, houve redução da tolerância de plantas de forma diretamente proporcional ao aumento das doses do herbicida. As maiores tolerâncias de plantas foram observadas quando glyphosate foi aplicado nas doses de 0 e 40 g ha<sup>-1</sup> e.a., independente da densidade de plantas. Numericamente, as menores tolerância de plantas foram observadas na dose de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate nas densidades desb AA e desb DA, respectivamente. A curva no tratamento com uma planta diferenciou-se das demais curvas nas doses 80, 120, 160, 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida. Os D<sub>50</sub>

obtidos foram 64, 155 e 188 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate, respectivamente para os tratamentos com planta unitária, desb AA, desb DA, respectivamente (Tabela 3.7).

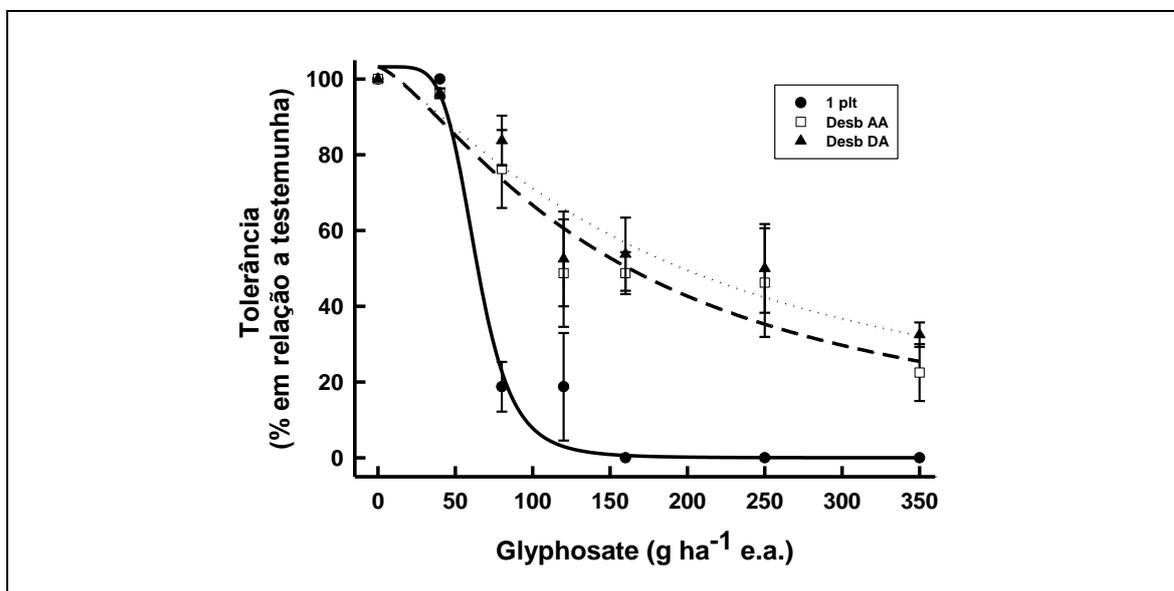


FIGURA 3.28 Tolerância (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

TABELA 3.7 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 e 51 DAE. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> DNS	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					Equação
		a	b	D <sub>50</sub> <sup>###</sup>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	
----- Tolerância -----							
28	1	103,22(22) <sup>***</sup>	5,56(2,33) <sup>*</sup>	63,8	96,5	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	103,19(8,73) <sup>***</sup>	1,37(0,36) <sup>**</sup>	155,0	89,8	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DDA	103,21(8,70) <sup>***</sup>	1,26(0,36) <sup>**</sup>	187,5	87,7	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
----- Estatura -----							
28	1	102,30(6,74) <sup>***</sup>	2,56(0,71) <sup>**</sup>	222,22	90,3	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	100,76(6,50) <sup>***</sup>	0,70(0,19) <sup>**</sup>	238,92	89,2	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DDA	97,29(6,63) <sup>***</sup>	-0,06(0,02) <sup>**</sup>	-	64,3	<0,05	$y=a*(1+x)^b$
----- Massa da parte aérea seca -----							
28	1	106,85(10,57) <sup>***</sup>	2,47(0,78) <sup>**</sup>	100,1	92,1	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DAA	101,31(5,50) <sup>***</sup>	1,24(0,29) <sup>**</sup>	293,4	91,6	<0,01	$y=a/1+(x/x_0)^b$
28	DDA	100,16(1,87) <sup>***</sup>	-0,02(0,00) <sup>***</sup>	-	87,2	<0,01	$y=a*(1+x)^b$

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P< 0,01; ns = não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

### D<sub>50</sub> indica a dose necessária para promover 50% de injúria na planta.

<sup>1</sup> DAA = Dias após a aplicação.

<sup>2</sup> DNS = Densidade de plantas; 1 planta por vaso; DAA = desbaste antes da aplicação; DDA = desbaste após a aplicação.

A análise de variância para estatura de plantas evidenciou interação significativa ( $p<0,01$ ) entre densidade de plantas de azevém e as doses do herbicida glyphosate. As equações logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.29 e Tabela 3.7).

Nos tratamentos desb AA e desb DA, conforme o aumento das doses do herbicida há diminuição da estatura de plantas. No tratamento com a planta unitária, nas doses 120 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida, a estatura se manteve constante e a partir da dose de 160 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate há diminuição da estatura. Numericamente as maiores estaturas foram constatadas nas doses 0 g ha<sup>-1</sup> e.a. (desb AA e desb DA) e 40 g ha<sup>-1</sup> de e.a. do herbicida (1 planta). As menores estatura de plantas foram observadas numericamente na dose de 250 g ha<sup>-1</sup> e.a. (desb DA) e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate (1 planta e desb AA). A curva obtida no

tratamento com uma planta se diferenciou das demais curvas (outras densidades) nas doses 40, 120, 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> de e.a. do herbicida em relação. A curva do tratamento desb DA diferenciou-se das demais curvas nas doses 40, 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate. Os D<sub>50</sub> obtidos foram 90, 89 e 64 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate, respectivamente, para o tratamento planta unitária, desb AA, desb DA (Tabela 3.7).

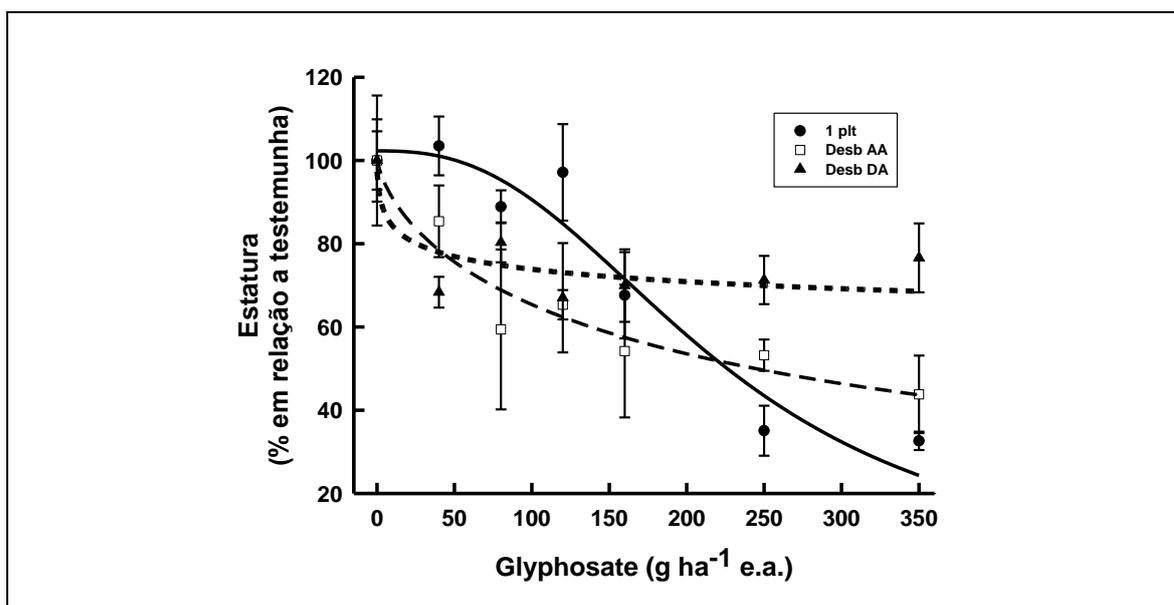


FIGURA 3.29 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

A análise de variância para massa da parte aérea seca de plantas de azevém evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas por vaso e dose do herbicida. As equações logística e potência propiciaram ajuste para o efeito de dose em cada uma das densidades testadas (Figura 3.30 e Tabela 3.7).

Conforme o aumento das doses do herbicida, houve diminuição das MPAS, independente da densidade. Numericamente as maiores MPAS por planta foram observadas nas plantas de azevém com a dose 0 g ha<sup>-1</sup> de e.a. (em todas as

situações de densidade) e 40 g ha<sup>-1</sup> e.a. do herbicida (planta unitária e desb DA). As menores MPAS de plantas foram observadas numericamente na dose de 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate nas densidades desb AA e desb DA. A menor MPAS no tratamento com uma planta foi observado nas doses 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. do glyphosate. A curva do tratamento de uma planta se diferenciou das demais curvas nas doses 160, 250 e 350 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate. A curva do tratamento desb DA se diferenciou das demais curvas nas doses 120 e 250 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate. Os D<sub>50</sub> obtidos foram 100 e 293 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate para a planta unitária e desb AA. Para o tratamento com desb DA o D<sub>50</sub> ficou acima da dose máxima testada (Tabela 3.7).

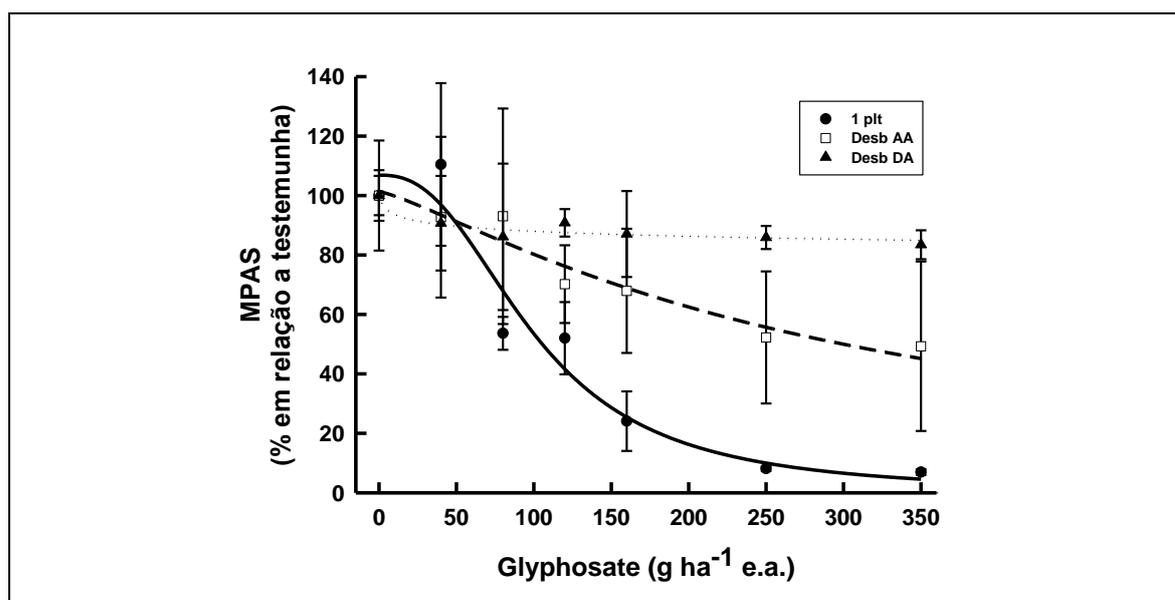


FIGURA 3.30 Massa da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de azevém em três situações de densidades e em função de doses de glyphosate avaliado aos 28 DAA. Equações na Tabela 3.7. DAA. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

### 3.4 DISCUSSÃO

**O aumento da densidade de plantas acarreta mudanças morfológicas nas plantas**

Os experimentos realizados em casa de vegetação demonstram que o aumento da densidade de plantas acarreta mudanças morfológicas. As evidências que suportam essa hipótese podem ser vistas com as espécies de soja e azevém.

Nos experimentos com a espécie eudicotiledônea pode se averiguar o efeito do aumento da densidade nas variáveis diâmetro do colmo, comprimento de entrenós, número de folhas, e massa seca de planta (Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, respectivamente; Tabela 3.1). Nas variáveis diâmetro do colmo e o número de folhas (Figuras 3.1 e 3.3) e as variáveis massa seca da parte aérea e massa seca de raiz (Figura 3.4) decresceram de forma diretamente proporcional ao aumento da densidade de plantas

Quando foi utilizado uma espécie monocotiledônea, o efeito da densidade sobre as mudanças morfológicas são averiguados nas variáveis estatura, número de folhas, perfilhos e massa seca da parte aérea e de raízes (Figuras 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9, respectivamente; Tabela 3.2). Na variável estatura, o aumento da densidade acarretou no aumento da estatura de plantas (Figura 3.6). Nas demais variáveis, o aumento das densidades ocasionou na diminuição das características avaliadas (Figuras 3.7, 3.8 e 3.9).

Pode-se averiguar em ambas as espécies utilizadas que, após uma determinada densidade, começa a haver estabilização das diferenças morfológicas. Na espécie eudicotiledônea, é possível averiguar esta característica que a partir da densidade de cinco plantas por vaso, na maioria das variáveis avaliadas. Na espécie monocotiledônea é possível verificar essa característica na densidade de sete plantas por vaso, na maioria das variáveis.

Evidências de que o aumento da densidade de plantas acarreta em mudanças morfológicas também podem ser averiguadas na literatura. O aumento da densidade de plantas acarreta no incremento da estatura de diversas espécies

vegetais (Brainard *et al.*, 2005; Gramig & Stoltenberg, 2009; Pierre *et al.*, 2011; Lindsey *et al.*, 2013). O aumento da densidade de plantas de milho e cevada, incrementaram a estatura desses vegetais após 2-3 semanas de crescimento (Pierre *et al.*, 2011). *Chenopodium album* e *Amaranthus retroflexus* obtiveram maior estatura com o aumento populacional (Lindsey *et al.*, 2013; Brainard *et al.*, 2005; Gramig & Stoltenberg, 2009). Porém, como antítese, o aumento da densidade de plantas pode reduzir a estatura em *Arabidopsis thaliana*, por exemplo (Alwerdt *et al.*, 2006).

Para a variável diâmetro do colmo, plantas de *Aloperucos myosuroides* e *Galium aparine* sob competição intraespecífica demonstraram diminuição do diâmetro do caule (Munier-Jolain *et al.*, 2014). Na variável número de afilhos, o aumento da densidade de plantas de cevada de 3 para 21 plantas vaso<sup>-1</sup> reduziu o afilhamento de plantas em 85% (Pierre *et al.*, 2011).

A massa da parte aérea de cada planta tende a diminuir conforme o aumento da densidade de plantas (Wang *et al.*, 2005; Patracchini *et al.*, 2011; Leskovsek *et al.*, 2012). Por exemplo, em *Ambrosia artemisiifolia* constatou-se diminuição de massa seca da parte aérea por planta no tratamento com elevada densidade (25 plantas m<sup>-2</sup>), quando contrastado com reduzida densidade de plantas (4 plantas m<sup>-2</sup>) (Leskovsek *et al.*, 2012; Patracchini *et al.*, 2011). Em *Atriplex prostrata*, a produção de massa seca da parte aérea e raiz por planta diminuíram conforme o aumento da densidade (Wang *et al.*, 2005). A alta densidade de plantas de *Alternanthera philoxeroides* ocasionou em diminuição da massa seca por planta (Zhou *et al.*, 2011; Pan *et al.*, 2013).

Os dados obtidos juntamente com os trabalhos da literatura demonstram que o aumento da densidade modifica a morfologia das plantas, normalmente independente da espécie utilizada. Convêm salientar que estas diferenças

morfológicas existentes com o aumento da densidade de plantas, se deve a limitação de recursos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, ocasionando a competição intraespecífica ou interespecífica (Rigoli *et al.*, 2008) e também devido aos efeitos do inicialismo (Vidal *et al.*, 2008; Vidal *et al.* 2012).

### **Eficácia do herbicida é dependente da densidade de plantas**

Os obtidos nos experimentos com azevém em casa de vegetação (Figuras 3.16, 3.17, 3.18, 3.19; Tabela 3.4) e a campo (Figuras 3.20 à 3.30; Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7) suportam a hipótese de que a eficácia do herbicida diminui quando as plantas estão em altas densidades. No experimento em casa de vegetação as variáveis tolerância, número de folhas e massa da parte aérea seca (Figuras 3.16, 3.17, 3.18; Tabela 3.4) de azevém demonstraram que as plantas em maior densidade e desbastadas após a aspersão do herbicida obtiveram maior D<sub>50</sub>. Isso mostra que houve necessidade de maior dose do herbicida para controlar estas plantas, quando comparado ao tratamento em baixa densidade. Nos experimentos a campo, com aspersão do glyphosate, seja aos 28 ou 51 DAE ou na aplicação sequencial, as plantas em alta densidade demonstraram maior D<sub>50</sub>, em comparação àquelas plantas em menor densidade. Este fato pode ser visto nas variáveis tolerância e massa seca da parte aérea, nos experimentos onde os experimentos foram aspergidos aos 28 DAE, 51 DAE ou na aplicação sequencial (Figuras 3.20, 3.24, 3.25, 3.27, 3.28 e 3.30; Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7, respectivamente).

Na literatura, diversos estudos também demonstram que o aumento da densidade afeta a eficácia de herbicidas (Humphry *et al.*, 2001; Lati *et al.*, 2012; Moon *et al.*, 2014; Streibig *et al.*, 2014). Com *Echinochloa crus-galli*, o aumento da sua densidade de 12 para 48 plantas m<sup>-2</sup> necessitou aumentar a dose de

flucetosulfuron de 8,7 para 20,1 g ha<sup>-1</sup> para se obter o mesmo grau de controle (Moon *et al.*, 2014). Similarmente, com *Eleocharis kuroguwa* e *Cyperus rotundos*, houve necessidade de doses mais elevadas dos herbicidas azimsulfuron e trifloxysulfuron, respectivamente, nas maiores densidades populacionais (Lati *et al.*, 2012; Moon *et al.*, 2014). Com o aumento da densidade de 2 para 64 plantas vaso<sup>-1</sup> de *Agrostemma githago*, o valor de D<sub>50</sub> aumentou de 42 para 616 g ha<sup>-1</sup> de i.a. de 2,4-D amina (Humphry *et al.*, 2001). A elevação da densidade de cevada de 75 para 450 plantas m<sup>-2</sup> necessitou aumento em torno de quatro vezes a dose necessária de glyphosate para obter o mesmo nível de controle (Streibig *et al.*, 2014).

A área do dossel da planta, aliada à captação e a eficácia do herbicida, pode ser maior com baixas densidades em comparação com altas densidades de plantas daninhas (Winkle *et al.*, 1981). A densidade de plantas daninhas é influenciada pelo banco de sementes, o período de germinação dessas sementes e a fase de desenvolvimento da planta daninha (Peters e Wilson, 1983).

Como antítese, em experimentos conduzidos em casa de vegetação com soja, os tratamentos com elevada densidade obtiveram valores de D<sub>50</sub> iguais ou menores quando comparado com as plantas em baixa densidade com a aspersão de ethoxysulfuron (Figuras 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 e 3.16; Tabela 3.3). Nesta dissertação, é possível ver efeito similar no experimento em casa de vegetação com azevém no tratamento em alta densidade populacional nas plantas que foram desbastadas antes da aplicação, no qual obteve o menor D<sub>50</sub> nas variáveis tolerância, número de folhas e massa seca da parte aérea (Figuras 3.16, 3.17, 3.18; Tabela 3.4). Isto pode ser devido a planta estar sob o estresse da competição e, quando eliminado esse fator com o desbaste, estas foram aspergidas com o herbicida. Especula-se que outros fatores também afetem a

eficácia do herbicida sob elevada densidade de plantas daninhas, incluindo espécie utilizada (dependendo da espécie pode possuir diferenças morfoanatômicas que facilitem ou dificultem a ação do herbicida), herbicida usado (dependendo das características físico-químicas da molécula herbicida) e estágio de desenvolvimento das plantas daninhas.

### **Aplicação sequencial é uma alternativa para controlar plantas daninhas em alta densidade**

O experimento realizado em condições de campo não apoia totalmente a hipótese de que a aplicação sequencial é uma alternativa para controlar plantas daninhas em alta densidade. Há evidências de que a aspersão sequencial diminuiu a tolerância de plantas em 60, 80 e 100% (nos tratamentos desb DA, desb AA e planta unitária, respectivamente) permitindo um bom controle dessas plantas (Figura 3.27; Tabela 3.7). Porém, nas demais variáveis avaliadas, como a estatura e a MPAS (Figuras 3.29 e 3.30; Tabela 3.7) a  $D_{50}$  para as plantas desb AA foram superiores a planta unitária (1,07 e 2,93 vezes superior para as variáveis, respectivamente) e no tratamento com as plantas desb DA não atingiu 50% de dano nessas variáveis, portanto não sendo possível calcular o valor de  $D_{50}$ .

Em relação à aplicação em 1ª e 2ª época e sequencial em relação ao controle das plantas em baixa e alta densidade, constatou-se que os menores valores de  $D_{50}$  foram obtidos na aplicação em 1ª época. No tratamento de baixa densidade se constatou, para MPAS de plantas, que o  $D_{50}$  foi 74, 164 e 100 g ha<sup>-1</sup> e.a. de glyphosate (Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7). Para as altas densidades foram obtidos no tratamento desb AA os  $D_{50}$  149, >350 e 293 g ha<sup>-1</sup> e.a. (1ª, 2ª e aplicação sequencial, respectivamente) e para desb DA 112, 159 e >350 g ha<sup>-1</sup>

e.a. de glyphosate (1ª, 2ª e aplicação sequencial, respectivamente) (Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7). Esses fatos demonstram que o melhor momento de aplicação foi obtido na 1ª época.

Dados na literatura comprovam efeito superior da aplicação sequencial para controlar plantas daninhas em alta densidade. A aspersão de oxidiazon+cyhalofop (500 + 100 g ha<sup>-1</sup>) em aplicação sequencial demonstrou diminuir em torno de 60 vezes a MPAS de *Rottboellia cochinchinensis* em alta densidade de plantas, quando comparado a uma aplicação única de oxidiazon (500 g ha<sup>-1</sup>; Chauhan *et al.*, 2015). Um estudo usando bispyribac-sodium, demonstrou que altas densidades de plantas de *Echinochloa colona* obtiveram diminuição da tolerância em torno de 50% na aplicação sequencial (30 + 30 g ha<sup>-1</sup>) em relação a aplicação única (30 g ha<sup>-1</sup>; Awan *et al.*, 2015). Em outro estudo com o uso de fumiclorac-pentil em aplicação sequencial na dose de 36 + 36 g ha<sup>-1</sup> obteve controle superior de *Sida rhombifolia* quando comparado ao tratamento em dose única de 60 g ha<sup>-1</sup> (Constantin *et al.*, 2007). Com *Euphorbia heterophylla* a aplicação de Fumiclorac-pentil demonstrou maior nível de controle na aplicação sequencial (24 + 24 g ha<sup>-1</sup>) em relação da aplicação única (60 g ha<sup>-1</sup>) nas três épocas de aplicação (27, 30 e 37 dias após a semeadura; Oliveira Jr. *et al.*, 2006). Os autores citam que a aplicação sequencial tende a possuir um controle mais efetivo de plantas daninhas pelo fato de controlar fluxos tardios de infestação, reforçar o controle obtido na primeira aplicação e aumentar assim a eficiência de controle (Oliveira Jr. *et al.*, 2006).

Outros estudos na literatura corroboram com os dados dessa dissertação de que a aplicação sequencial não é totalmente eficaz no controle de plantas daninhas em alta densidade. Por exemplo, bispyribac-sodium em única aplicação (30 g ha<sup>-1</sup>) demonstrou controle igual ou superior ao tratamento sequencial (30 +

30 g ha<sup>-1</sup>) para a espécie *Cyperus iria* (Awan *et al.*, 2015). O tratamento apenas com oxadiazon (500 g ha<sup>-1</sup>) com uma aplicação não diferiu do controle da aplicação sequencial de oxadiazon + cyhalofop (500 + 100 g ha<sup>-1</sup>) com as espécies *Cyperus rotundus* e *Murdannia nudiflora* (Chauhan *et al.*, 2015). Entre outros fatores, esse resultado pode ter ocorrido devido a antagonismo dos herbicidas em mistura, pois trata-se de um inibidor da enzima PROTOX e de ACCase, classicamente antagônica (Godley e Kitchen, 1986).

Entre as possíveis causas para as plantas de azevém sob elevada densidade possuírem tolerância igual ou superior entre aplicação sequencial e as da 1ª e/ou 2ª época deve-se ao fato de que durante a primeira aplicação (da sequencial) as plantas do tratamento desb DA tiveram o efeito “guarda-chuva”, diminuindo o produto interceptado pela folhagem e, portanto, diminuindo a eficácia do produto nas maiores doses testadas. Outro fato pode ter sido o longo período de tempo entre a 1ª e 2ª aplicação da sequencial, permitindo que as plantas sobreviventes se recuperassem e, com o meio sem competição, estas se sobrepujassem. Nas plantas unitárias, as doses maiores acarretaram na morte das plantas na primeira aplicação da sequencial (dados não amostrados), enquanto as plantas dos demais tratamentos sobreviveram, portanto, pode ter influenciado no resultado do D<sub>50</sub> de massa e de estatura. De acordo com os dados da literatura, observa-se que aplicações sequenciais são mais eficazes quando a planta daninha é de difícil controle (Constantin *et al.* 2007). Aplicações únicas resultam em controle adequado quando a infestante apresenta alta susceptibilidade (Constantin *et al.* 2007). Outro fator que influencia na eficácia das aplicações sequenciais é o estágio de desenvolvimento vegetal, sendo que na fase inicial as plantas daninhas são mais suscetíveis aos herbicidas (Oliveira Jr. *et al.*, 2006).

Uma seleção criteriosa do tipo de herbicida, as doses, o período de aplicação e método utilizados podem melhorar o controle de plantas daninhas (Chauhan *et al.*, 2012). Portanto, estudos posteriores devem ser realizados com doses maiores e com tempos de aplicação diferenciados, permitindo completar as informações dos resultados obtidos nesse experimento e permitindo uma melhor eficácia da aplicação sequencial.

### 3.5 CONCLUSÕES

O aumento da densidade de plantas acarreta em diversas mudanças morfológicas. A eficácia de herbicida é afetada pela densidade de plantas e pela espécie de planta utilizada. A aplicação sequencial não demonstrou maior eficácia quando comparada as aplicações em uma única aspersão.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALWERDT, J. A. et al. Interspecific interactions in *Arabidopsis thaliana* and the stomatal mutants *tmm1<sup>-1</sup>* and *sddl<sup>-2</sup>*. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 50, n. 2, p. 205–209, 2006.

AWAN, T. H.; CRUZ, P. C. S.; CHAUHAN, B. S. Efficacy and economics of different herbicides, their weed species selectivity, and the productivity of mechanized dry-seeded rice. **Crop Protection**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 239-246, 2015.

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

BARROSO, A. A. M. et al. Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 47-53, 2012.

BRAINARD, D. C.; BELLINDER, R. R.; DITOMMASO, A. Effects of canopy shade on the morphology, phenology, and seed characteristics of Powell amaranth (*Amaranthus powellii*). **Weed Science**, Lawrence, v. 53, n. 2, p. 175–186, 2005.

CHAUHAN, B. S.; BAJWA, A. A. Management of *Rottboellia cochinchinensis* and other weeds through sequential application of herbicides in dry direct-seeded rice in the Philippines. **Crop Protection**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 131-136, 2015.

CHIOVATO, M. G. et al. Different weed densities and control methods of organic corn production components. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2007.

CIESLIK, L.F. **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.)**. 2012. 172p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

CONSTANTIN, J. et al. Controle de diferentes espécies de guaxuma com aplicações seqüenciais de flumiclorac-pentil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 475-480, 2007.

GIBSON, K. D.; FISCHER, A. J.; FOIN, T. C. Compensatory responses of late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) and rice to resource limitations. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 2, p. 271-280, 2004.

GRAMIG, G. G.; STOLTENBERG, D. E. Adaptive responses of field-grown common lambsquarters (*Chenopodium album*) to variable light quality and quantity environments. **Weed Science**, Lawrence, v. 57, n. 3, p. 271–280, 2009.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant-to-plant variability in biomass and yield per plant. **Weed Science**, Lawrence, v. 59, n. 1, p.43–49, 2011.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Light quality and the critical period for weed control in soybean. **Weed Science**, Lawrence, v. 60, n. 1, p. 86–91, 2012.

HUMPHRY, R. W.; MORTIMER, M.; MARRS, R. H. The effect of plant density on the response of *Agrostemma githago* to herbicide. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 1290-1302, 2001.

JUAN, V. F.; SAINT-ANDRE, H.; FERNANDEZ, R. R. Competencia de lecheron (*Euphorbia dentata*) en soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 175-180, 2003.

KOSLOWSKI, L. A. et al. Interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

LATI, R. N.; FILIN, S.; EIZENBERG, H. Effect of tuber density and trifloxysulfuron application timing on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) control. **Weed Science**, Lawrence, v. 60, n. 3, p. 494-500, 2012.

LESKOVSEK, R. et al. Influence of nitrogen and plant density on the growth and seed production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). **Journal of Pest Science**, Concord, v. 85, n. 4, p. 527–539, 2012.

LINDSEY, L. E. et al. Fertilizer and population affects nitrogen assimilation of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Science**, Lawrence, v. 61, n. 1, p. 131-135, 2013.

MOON, B. C. et al. Modelling the effects of herbicide dose and weed density on rice-weed competition. **Weed Research**, Oxford, v. 54, n. 5, p. 484-491, 2014.

MUNIER-JOLAIN, N. M. et al. Investigating and modelling the morphological plasticity of weeds. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 155, n. 1, p. 90-98, 2014.

NELSON, K. A.; SMOOT, R. L. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) interference in soybean. **Weed Technology**, Lawrence, v. 24, n. 1, p. 39–43, 2010.

OLIVEIRA Jr.; R. S. et al. Aplicações seqüenciais de flumiclorac-pentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 115-122, 2006.

PAN, X. Y.; LI, B. Size-symmetric competition in a shade-tolerant invasive plant. **Journal of Systematics and Evolution**, Hoboken, v. 51, n. 3, p. 318-325, 2013.

PATRACCHINI, C.; VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) growth as affected by plant density and clipping. **Weed Technology**, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 268-276, 2011.

PETERS, N. C. B.; WILSON, B. J. Some studies on the competition between *Avena fatua* L. and spring barley 2 Variation of *Avena fatua* emergence and development and its influence on crop yield. **Weed Research**, Oxford, v. 23, n. 5, p. 305-311, 1983.

PIERRE, S. S.; SPRINGER, N. M.; MUEHLBAUER, G. J. Density Stress has Minimal Impacts on the Barley or Maize Seedling Transcriptome. **Plant Genome**, Madison, v. 4, n. 1, p. 47-54, 2011.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informação Agropecuária**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 19-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O. et al. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III. *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2003.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 589 p.

RIGOLI, R. P. et al. Potencial competitivo de cultivares de trigo em função do tempo de emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 41-47, 2009.

SALGADO, T. P. et al. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, p. 443-448, 2007.

SILVA, A. F. et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

STREIBIG, J. C. et al. Sensor-based assessment of herbicide effects. **Weed Research**, Oxford, v. 54, n. 3, p. 223-233, 2014.

WANG, L. W.; SHOWALTER, A. M.; UNGAR, I. A. Effects of intraspecific competition on growth and photosynthesis of *Atriplex prostrata*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 187–192, 2005.

WINKLE, M. E.; LEAVITT, J. R. C.; BURNSIDE, O.C. Effects of weed density on herbicide absorption and bioactivity. **Weed Science**, Lawrence, v. 29, n. 4, p. 405–409, 1981.

YANG, F. et al. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:far red ratio. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 155, n. 1, p. 245–253, 2014.

ZHOU, J. et al. Effects of soil nutrient heterogeneity on intraspecific competition in the invasive, clonal plant *Alternanthera philoxeroides*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 109, n. 4, p. 813-818, 2012.

## **CAPÍTULO 4**

**Habilidade competitiva de aveia com azevém e inibidor de ácido giberélico  
para incrementar o rendimento de grãos da cultura**

## CAPÍTULO 4 – HABILIDADE COMPETITIVA DE AVEIA COM AZEVÉM E INIBIDOR DE ÁCIDO GIBERÉLICO PARA INCREMENTAR O RENDIMENTO DE GRÃOS DA CULTURA

### RESUMO

Na cultura da aveia há poucos estudos avaliando a competição com plantas daninhas, principalmente o azevém. A habilidade competitiva das culturas é uma das táticas do método cultural mais importantes para o manejo de plantas daninhas. Os objetivos deste capítulo foram averiguar a competição entre aveia e azevém; avaliar se há diferença entre a habilidade competitiva de dois genótipos de aveia com porte alto e porte baixo quando em competição com azevém; verificar o possível efeito de inibidor de ácido giberélico em genótipos de aveia em diferentes densidades e o seu possível uso no aumento do rendimento na cultura da aveia em competição com o azevém. Em 2015, foram realizados quatro experimentos. Nos experimentos em casa de vegetação, utilizou-se esquema bi-fatorial, sendo o fator A inibidores de giberelina em tratamento de sementes (cloreto de mepiquat e trinexapac-etil nas doses de 4 g e 0,3 g kg de semente, respectivamente) ou em pós-emergência (cloreto de mepiquat e trinexapac-etil nas doses 50 e 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente) mais uma testemunha não tratada com os inibidores. O fator B consistiu de densidades de plantas de aveia da cultivar URS Taura (1, 4, 7 e 10 plantas vaso<sup>-1</sup>). O segundo experimento foi de série de substituição, organizado em esquema bi-fatorial. O fator A consistiu de três tratamentos: aveia cv. URS Taura (com aspersão de trinexapac-etil nas doses 0 e 150 mL ha<sup>-1</sup>) e cv. URS Brava. O fator B consistiu das proporções de plantas de aveia e de azevém 7/0 (estande puro com aveia), 6/2, 5/4, 4/6, 3/8, 2/10, 1/12 e 0/14 (estande puro com azevém). Os experimentos a campo utilizaram um esquema bi-fatorial, sendo que em cada ensaio foi utilizado cultivares diferentes (URS Brava e URS Taura). O fator A consistiu da aspersão de inibidor de giberelina nas doses de 0 e 125 mL ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. O fator B consistiu da densidade de plantas de *Lolium multiflorum*, (0, 1, 3, 6, 9, 15 e 21 plantas por m<sup>2</sup>). A aveia demonstrou ser mais competitiva que o azevém até os 42 DAE, destacando-se a cultivar URS Brava. As plantas tratadas com inibidor de AG, tiveram redução do efeito causado pelo aumento da densidade de plantas em relação às plantas não tratadas, demonstrando ação dos inibidores de giberelina sobre a aveia. As plantas de aveia sem inibidor de AG tiveram perda de produtividade diretamente proporcional à densidade de plantas de azevém. A cultivar de aveia URS Brava tratada com inibidor de AG obteve incremento de rendimento quando em competição com azevém. As plantas da cultivar de porte alto (URS Brava) demonstraram maior habilidade competitiva do que as de porte baixo (URS Taura) quando em competição com azevém. O inibidor de ácido giberélico, quando aplicado em pós-emergência das plantas de aveia, favoreceu o manejo do azevém e incrementou o rendimento de grãos de cultivar URS Brava.

## CHAPTER 4 - COMPETITIVE ABILITY OF OATS WITH RYEGRASS AND GIBBERELIC ACID INHIBITOR TO INCREASE CROP GRAIN YIELD

### ABSTRACT

There are few studies about the impact of weeds on the oat crop, specially using Italian ryegrass. Increased competitive ability is of the tactics of the cultural method used for weed management. The objectives of this chapter were to determine the competition between oats and rye; to assess whether there is a difference between competitive ability of two oat genotypes against Italian ryegrass; to evaluate whether the inhibitor of gibberellic acid (IGA) can reduce the impact of weed densities in different genotypes; and to determine whether IGA can increase the yield of oat crop in competition with ryegrass. During 2015, four experiments were conducted both in the greenhouse and in the field. One greenhouse experiment was organized in a bi-factorial arrangement of treatments, where the A factor consisted of two IGA as seed treatment (mepiquat chloride and trinexapac-ethyl at 4 g and 0.3 g kg seed<sup>-1</sup>, respectively) or post emergence (mepiquat chloride and trinexapac-ethyl at 50 and 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectively) and a control not treated with IGA. Factor B consisted of densities of oat plants cv. URS Taura (1, 4, 7 and 10 vaso<sup>-1</sup> plants). Another greenhouse experiment was a replacement series, organized in a bi-factorial arrangement of treatments. Factor A consisted of the treatments oat cv. URS Taura with trinexapac-ethyl at 0 and 150 mL ha<sup>-1</sup> and Brava URS with no GA inhibitor. Factor B consisted of the proportions of oat plants and ryegrass 7/0 (pure stand with oats), 6/2, 5/4, 4/6, 3/8, 2/10, 1/12 and 0/14 (pure stand with ryegrass). The field experiments were conducted with a bi-factorial arrangement of treatments, and each experiment had different oat cultivars (URS Brava and URS Taura). Factor A consisted of IGA doses (0 and 125 mL ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl). Factor B consisted of Italian ryegrass densities (0; 1, 3, 6, 9, 15 and 21 plants per square meter). When growing up to 42 DAE, oats plants, mainly from cv. URS Brava, were more competitive than ryegrass. The plants treated with IGA had limited impact of weed density when compared to untreated plants. The oat plants without IGA had grain yield loss proportional to the density of ryegrass plants. Oat plants from cultivar URS Brava treated with IGA had increased grain yield when in competition with ryegrass. Oat plants were more competitive than ryegrass. Plants from the tall cv. (URS Brava) had greater competitive ability than short cv. (URS Taura). IGA when sprayed on oat plants in post-emergence, aided Italian ryegrass management and increased the grain yield of tall-sized oat cv. URS Brava.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma gramínea de inverno, cultivada para produção de grãos, forragem, adubação verde e cobertura do solo (Krishna *et al.*, 2014). Nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, essa espécie é cultivada como produtora de grãos e palha para a cobertura do solo, favorecendo a implantação das culturas de verão, especialmente no sistema de semeadura direta (plantio direto) (Ceccon *et al.*, 2004). A produção da cultura da aveia branca ocorre principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. O primeiro estado contribui com 57% do total de grãos de aveia produzidos no país. No Brasil, durante a safra 2013/2014, esta cultura apresentou área cultivada de 168,7 mil ha<sup>-1</sup> e produção de 360,7 mil toneladas (CONAB, 2014).

A produtividade média de aveia no Brasil tem aumentado continuamente nos últimos dez anos, atingindo 2,1 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). Contudo, esta produtividade ainda está abaixo do potencial produtivo da cultura. A interferência causada por plantas daninhas é um dos mais importantes fatores na redução do rendimento de grãos das culturas (Oerke, 2006). As culturas são sujeitas a interações com outras espécies de plantas com nichos ecológicos semelhantes (Radosevich, 1987). Dentre as plantas daninhas e de importância nos cultivos de inverno, destaca-se o azevém (*Lolium multiflorum* L.). O azevém se caracteriza por ser altamente competitivo pelos recursos disponíveis no meio, como água,

luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes (Galon *et al.*, 2011). A interferência de azevém altera a expressão do potencial produtivo de culturas e dificulta a expansão da área cultivada, além de causar interferência no crescimento e desenvolvimento, reduzindo assim a produtividade de grãos (Nunes *et al.*, 2007). Como o azevém pertence à mesma família botânica da aveia, existem características morfológica, bioquímicas e fisiológicas semelhantes entre as duas espécies, o que dificulta o manejo químico, principalmente pela seletividade de herbicidas à cultura.

Estudos de competição entre culturas e plantas daninhas permitem definir as características que confirmam maior habilidade competitiva às culturas e, assim desenvolver estratégias de manejo (Fleck *et al.*, 2003). Compreende-se habilidade competitiva como sendo a aptidão ou capacidade da planta em levar vantagem na competição com seus vizinhos, suprimindo o crescimento de outra, ou sua habilidade de manter relativamente inalterado seu próprio crescimento na presença de competidores, evitando, desse modo, ser suprimida (Goldberg e Landa, 1991). A capacidade de uma espécie de interferir em outra é relacionado a vários fatores, como a espécie de planta, a densidade populacional, o tempo de aparecimento de uma espécie em comparação a outra e as características da planta (Radosevich, 1987; Bianchi; Fleck; Lamego, 2006). Para a cultura da aveia existem poucos estudos avaliando a competição com plantas daninhas, principalmente o azevém, em relação aos demais cereais de inverno. Por exemplo, existem diversos estudos em culturas como trigo e cevada em competição com azevém (Woldeamlak *et al.*, 2001; Rigoli *et al.*, 2008; Galon *et al.*, 2011).

Um dos fatores que influenciam a habilidade competitiva das culturas é a primeira etapa da interação negativa entre plantas denominada de inicialismo (Vidal, 2008), a qual é mediada pela qualidade da luz (Rajcan & Swanton, 2001;

Vidal, 2008). Alterações da qualidade da luz acarretadas por plantas estão relacionados na redução da taxa dos comprimentos de onda vermelho (V) e vermelho extremo (Ve) (Smith e Holmes, 1977; Aphalo e Ballare, 1995; Rajcan & Swanton, 2001). Através dos pigmentos fotorreceptores (principalmente fitocromos) a cultura é capaz de detectar diferenças na proporção entre V/Ve, que indicam a proximidade e a distribuição espacial de plantas vizinhas (Ballare, 2009). Assim, baixo V/Ve detectado pela cultura desencadeia uma série de alterações fisiológicas (alteração do balanço de fitohormônios) e mudanças no desenvolvimento. Especula-se que elevados níveis de giberelina está envolvida nas respostas morfológicas (Franklin, 2008), destacando-se o aumento da estatura das plantas (alongamento dos entrenós e pecíolos), a redução da emissão de ramificações e afilhos, a ocorrência de curvatura ascendente das folhas, de dominância apical e da regulação e distribuição de fotossintatos (Kasperbauer e Karlen, 1994; Afifi e Swanton, 2011). Esses fatores ocorrem para contrabalançar as desigualdades de tamanho que se desenvolvem normalmente durante a competição por luz (Pierik *et al.*, 2004). Nestas condições (baixo V/Ve), a planta destina maior proporção de fotoassimilados para a parte aérea, em detrimento às raízes. Hipotetiza-se que uma das formas de evitar os efeitos do inicialismo é “cegando” as plantas aos efeitos da qualidade de luz. Trabalhos com reguladores de crescimento de plantas, principalmente com inibidor de ácido giberélico, tem permitido a readequação da arquitetura da planta e, conseqüentemente, a diminuição dos efeitos do inicialismo (Vidal *et al.*, 2012).

O uso das características da habilidade competitiva das culturas pode ser mais uma tática a ser empregada no manejo de plantas daninhas na cultura da aveia. Os objetivos deste trabalho foram averiguar a competição entre aveia e azevém; avaliar se há diferença entre a habilidade competitiva de dois genótipos

de aveia com porte alto e porte baixo quando em competição com azevém; verificar o possível efeito de inibidor de ácido giberélico em genótipos de aveia em diferentes densidades e o seu possível uso no aumento do rendimento na cultura da aveia em competição com o azevém.

## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

No ano de 2015 foram realizados quatro experimentos, sendo dois em casa de vegetação e dois em campo. A casa de vegetação do Laboratório da Flora Ruderal (LAFLOR), da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), está situada em Porto Alegre, RS. Um dos experimentos buscou quantificar o efeito de dois inibidores de giberelina quando utilizados em tratamento de semente ou em pós-emergência em função da densidade de plantas. O outro experimento visou avaliar a habilidade competitiva entre plantas de aveia e de azevém.

Os experimentos de campo foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada em Eldorado do Sul, RS. Os experimentos visaram averiguar o impacto de inibidor de giberelina em plantas de aveia (cultivares URS Taura ou URS Brava) e a resposta da planta cultivada à densidade de plantas de azevém como planta infestante.

### **4.2.1 Experimentos de casa de vegetação**

A semeadura dos experimentos foram em vasos com capacidade para 500 mL, contendo substrato na proporção de 2:1:1 (50% de solo + 25% de areia + 25% casca de arroz carbonizado) mais a adição de 24 g da formulação 5-20-30

de N-P-K + 10 g de ureia (45% de N) para cada 20 kg de substrato. Foram semeadas 2 sementes extras por vaso em todos os tratamentos, sendo desbastadas após a emergência das plântulas. Os vasos foram perfurados e mantidos em bandeja com lâmina de água para que as plantas ficassem constantemente irrigadas por capilaridade.

#### **4.2.1.1 Inibidores de giberelina**

O experimento foi conduzido entre os meses de julho e agosto de 2015. Durante a condução dos experimentos, as médias das temperaturas mínimas e máximas na casa de vegetação situaram-se em  $14,3 \pm 0,6$  e  $21,8 \pm 0,9^\circ\text{C}$ , respectivamente. Foi utilizado a cultivar de aveia branca URS Taura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com tratamentos organizados em esquema bi-fatorial, com quatro repetições. O fator A consistiu do uso de dois inibidores de giberelina, o trinexapac-etil e cloreto de mepiquat em tratamento de sementes (cloreto de mepiquat e trinexapac-etil nas doses de 4 g e 0,3 g kg de semente, respectivamente) ou em pós-emergência (cloreto de mepiquat e trinexapac-etil nas doses 50 e 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente) mais uma testemunha não tratada com os inibidores. O fator B consistiu da densidade de plantas, sendo utilizados 1; 4; 7 e 10 plantas vaso<sup>-1</sup>. O tratamento de sementes foi realizado 2 horas antes da semeadura. Nos tratamentos em pós-emergência, a aspersão dos inibidores de giberelina ocorreu aos 4 dias após a emergência (DAE) das plantas, utilizando-se câmara de pulverização, dotada de ponta 110.02 E, calibrada para distribuir volume de calda equivalente a 100 L ha<sup>-1</sup>.

Aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), foram avaliadas as variáveis estatura de plantas, número de folhas e número de perfilhos. Aos 30 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas para determinação da massa seca após a

secagem do material em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C durante sete dias.

#### 4.2.1.2 Série de substituição

O experimento foi conduzido entre os meses de julho e setembro de 2015. Durante a condução dos experimentos, as temperaturas médias das mínimas/máximas na casa de vegetação situaram-se em  $14,6 \pm 0,6$  e  $24,8 \pm 0,7$ °C, respectivamente. O primeiro experimento, com monocultivos de *Avena sativa* L. e *Lolium multiflorum*, objetivou determinar a população de plantas  $m^{-2}$  a partir da qual a MPAS por unidade de área ( $g\ m^{-2}$ ) torna-se independente da população, de acordo com a “lei de produção final constante” (Radosevich *et al.*, 1997; Rigoli *et al.*, 2008).

As populações estabelecidas para serem testadas foram 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 plantas por vaso para *Avena sativa* L. Para *Lolium multiflorum* as densidades estabelecidas foram 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 plantas por vaso. O delineamento experimental foi o completamente casualizado, com sete repetições. A MPAS foi analisada aos 35 DAE.

O segundo experimento foi conduzido em série de substituição. Foram utilizadas as cultivares de aveia branca URS Taura e URS Brava. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com tratamentos organizados em esquema bi-fatorial, com oito repetições. De acordo com os resultados obtidos no primeiro experimento se definiu como densidades máximas 7 plantas por vaso para aveia e 14 plantas por vaso para azevém. Essa diferença entre as máximas densidades das espécies testadas foi devido ao lento desenvolvimento inicial das plantas de azevém constatado no experimento anterior. O Fator A consistiu de cultivares URS Taura (com aspersão de trinexapac-etil nas doses 0 e 150 mL ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>) e a da URS Brava. O fator B consistiu das proporções de plantas de aveia e de azevém 7/0 (estande puro com aveia), 6/2, 5/4, 4/6, 3/8, 2/10, 1/12 e 0/14 (estande puro com azevém) plantas por vaso. A aspersão de trinexapac-etil ocorreu aos 4 dias após a emergência (DAE), conforme descrito anteriormente (item 4.2.1.1).

Aos 30 e 40 DAA, coletou-se a parte aérea das plantas presentes em quatro repetições para determinar a massa seca após a desidratação do material em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C durante sete dias. Para análise dos resultados, utilizou-se o método da análise gráfica de produtividade relativa (Radosevich, 1987). Para este procedimento é construído um diagrama com base na produtividade relativa (PR) e na produtividade relativa total (PRT), nas proporções de plantas 0, 14, 29, 43, 57, 71, 86 e 100% das espécies testadas. Quando a PR resulta em uma linha reta, considerou-se não haver efeito de uma espécie sobre a outra ou que a habilidade de uma espécie interferir sobre a outra é equivalente. Caso a PR resulte em linha côncava, interpretar-se-á como prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Caso a linha apresentada pela PR seja convexa, interpretar-se-á como benefício no crescimento de um ou de ambas as espécies. Caso a PRT seja igual ao valor um (linha reta), indicaria que ocorreu competição semelhante entre as espécies e pelos mesmos recursos do meio. Caso a PRT fosse superior a 1 (linha convexa), não ocorreria competição, pelo fato de o suprimento de recursos superar a demanda ou porque os biótipos possuíam diferente demandas pelos recursos do meio; caso a PRT fosse inferior a 1 (linha côncava), atribuir-se-ia haver interferência negativa pelos mesmos recursos do meio, havendo prejuízo mútuo ao crescimento de ambas as espécies.

Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (A) foram calculados na proporção de 50% de plantas dos genótipos e dos respectivos competidores. Para determinar a proporção de 50% das plantas de aveia e azevém foi realizada interpolação dos dados para cada respectivo genótipo. A CR representa o crescimento comparativo da espécie de aveia em relação ao azevém (competidora); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie se manifesta como mais competitiva (Cousens, 1991). A interpretação conjunta desses valores indica com maior segurança a competitividade das espécies envolvidas. A espécie de aveia seria mais competitiva do que o azevém quando  $CR > 1$ ,  $K_{aveia} > K_{azevém}$  e  $A > 0$ . Azevém seria mais competitiva do que aveia quando  $CR < 1$ ,  $K_{aveia} < K_{azevém}$  e  $A < 0$  (Hoffman & Buhler, 2002). Os cálculos foram realizados por meio das Equações 1 a 4, (propostas por Cousens & O'Neill, 2008):

$PR_{aveia} = \text{MPAS total de aveia (proporção)} / \text{MPAS total de aveia (estande puro)}$  ou proporção x (MPAS por planta de aveia / MPAS por planta de aveia do estande puro)

Equação 1

$PR_{azevem} = \text{MPAS total de azevém (proporção)} / \text{MPAS total de azevém (estande puro)}$  ou proporção x (MPAS por planta de azevém / MPAS por planta de azevém do estande puro)

Equação 2

$PRT = PR_{aveia} + PR_{azevem}$  (da mesma proporção) Equação 3

$CR = PR_{aveia} / PR_{azevem}$  Equação 4

$K_{aveia} = PR_{aveia} / (1 - PR_{aveia})$  Equação 5

$K_{azevem} = PR_{azevem} / (1 - PR_{azevem})$  Equação 6

$A = PR_{aveia} - PR_{azevem}$  Equação 7

Para analisar estatisticamente a PR, primeiramente foram calculadas as diferenças para os valores de PR obtidos nas proporções de 14/86, 29/71, 43/57, 71/29 e 86/14 (aveia/azevém) em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (Passini, 2001). O teste t, foi utilizado para testar as diferenças nos índices estudados em relação à reta hipotética (Passini, 2001; Hoffman & Buhler, 2002). As hipóteses de nulidade utilizadas para testar as diferenças de PR e A eram de que fossem iguais a zero ( $H_0=1$ ); para PRT e CR, as médias seriam iguais a 1 ( $H_0=1$ ); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre  $K_{aveia}$  e  $K_{azevem}$  fossem iguais a zero [ $H_0=(K_{aveia}-K_{azevem}) = 0$ ].

#### 4.2.2 Experimentos de campo

Os experimentos foram conduzidos durante a safra 2015. O solo da área de instalação do experimento é classificado como Argissolo Vermelho Escuro distrófico, textura franco-areno-argilosa, com 34% de argila. O sistema de manejo de solo utilizado foi o de semeadura direta.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas, espaçadas 0,20 m entre si e com cinco metros de comprimento, totalizando cinco metros quadrados. A semeadura foi realizada em 1 de julho de 2015, sendo usado a *Avena sativa* (cultura) e *Lolium multiflorum* (infestante). A densidade de semeadura da aveia foi de 350 sementes por metro quadrado. Foi realizada adubação de base de 300 kg ha<sup>-1</sup> (formulação 05-30-15) e posteriormente adicionado ureia (46% nitrogênio) na dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> nos estádios V3 e V6-7.

O controle de doenças foi realizado aos 28, 43, 63 e 76 dias após a emergência (DAE), utilizando-se 750 mL ha<sup>-1</sup> do fungicida Tebuconazole Nortox

200 EC® (tebuconazol (200 g L<sup>-1</sup>)). O controle de pragas foi realizado aos 28 e 43 DAE com o inseticida dimetoato (Dimetoato 500 EC, 500 g L<sup>-1</sup>), na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> do comercial. Foi realizada a aspersão do inibidor de giberelina Moddus® (trinexapac-ethyl (250 g L<sup>-1</sup>)) na dose 500 ml ha<sup>-1</sup> e adição de 0,2 % v/v do adjuvante Agral® aos 6 DAE (V1-V2). A aplicação do inibidor de giberelina foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> comprimido, contendo barra com ponta do tipo 110.02 XR, pressão de 200 kPa, proporcionando volume de calda equivalente a 160 L ha<sup>-1</sup>. Durante a aspersão do inibidor de giberelina a temperatura média foi de 13,5°C e a umidade relativa do ar 94%.

#### **4.2.2.1 Cultivar URS Taura**

Os tratamentos foram organizados em esquema bi-fatorial, com quatro repetições utilizando-se a cultivar URS Taura. O fator A consistiu da aspersão de inibidor de giberelina, sendo utilizados 0 e 125 mL ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. O fator B consistiu da densidade de plantas de *Lolium multiflorum*, sendo utilizado 0, 1, 3, 6, 9, 15 e 21 plantas por m<sup>2</sup>.

Aos 30 DAE foi realizado levantamento de plantas de aveia e azevém por m<sup>2</sup>. Aos 29, 38, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) foi realizada a avaliação de estatura das plantas de aveia. Aos 71 DAE foi coletado numa área de 0,20 m<sup>2</sup> as plantas de aveia com a finalidade de estimar a estatura, o número de colmos, o número de folhas, o comprimento do primeiro entrenó e a massa seca de plantas. Ao final do ciclo da cultura avaliou-se o rendimento de grãos.

#### **4.2.2.2 URS Brava**

Os tratamentos, o número de repetições, os fatores avaliados, condições de condução do experimento e avaliações realizadas foram as mesmas já

descritas no experimento 4.2.2.1. A única diferença é que a cv. utilizada no experimento foi a URS Brava.

### **4.2.3 Análise estatística**

Os dados obtidos dos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade do erro experimental. Quando apropriados e dependendo da variável em estudo, realizaram-se regressões ajustando-se modelos lineares ou não lineares aos dados médios dos tratamentos, utilizando-se o software Sigma Plot 11. No experimento de uso de inibidor de ácido giberélico (4.2.1.1) em casa de vegetação, nas regressões usou-se a densidade de plantas como fator independente e as variáveis avaliadas como fator dependente. Nos experimentos de campo, para fazer as regressões, considerou-se a densidade de plantas de azevém como fator independente e as variáveis avaliadas como fator dependente.

## **4.3 RESULTADOS**

### **4.3.1 Experimento em casa de vegetação**

#### **4.3.1.1 Inibidores de giberelina**

Para a variável estatura de plantas (% em relação à testemunha), a análise de variância evidenciou interação significativa ( $P < 0,15$ ) entre os tratamentos de densidade de plantas e inibidor de giberelina. A equação linear, potência e quadrática propiciaram ajuste para as regressões entre o efeito do inibidor de giberelina (trinexapac-etil) para cada uma das densidades testadas (para sem TP; pós TP e testemunha, respectivamente) (Figura 4.1 e Tabela 4.1).

Os resultados dos tratamentos com cloreto de mepiquat (tratamento de semente e em pós-emergência) não apresentaram ajuste significativo nas

equações testadas. No tratamento de semente com trinexapac-etil (semente TP) e pós-emergente com trinexapac-etil (pós TP) conforme o aumento da densidade houve diminuição da estatura de plantas. Para a testemunha não tratada houve aumento da estatura nas densidades com 4 e 7 plantas vaso<sup>-1</sup>. Numericamente, a maior estatura foi observada na densidade de 7 plantas vaso<sup>-1</sup> na testemunha sem controle. As curvas se diferiram nas densidades de 4 plantas por vaso (pós TP), 7 e 10 plantas vaso<sup>-1</sup> (semente TP e pós TP).

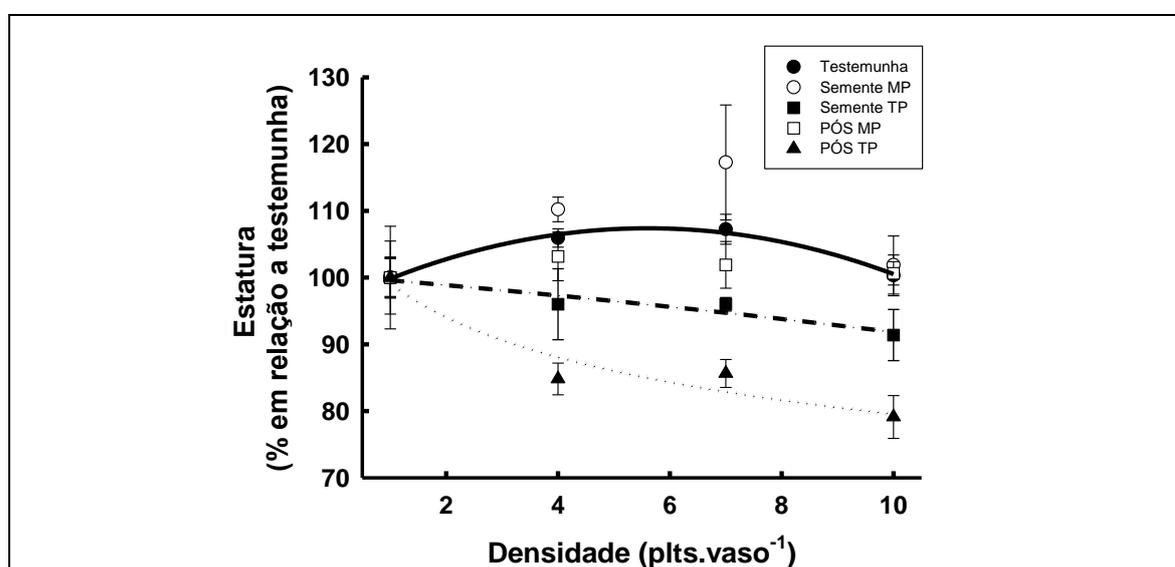


FIGURA 4.1 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac-etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

TABELA 4.1 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de aveia cv. URS Taura com o uso de diferentes inibidores de giberelina. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> Trat	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>			R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	Equação
		a	b	y <sub>0</sub>			
<b>Estatura</b>							
28	Test	96,17(1,15) <sup>***</sup>	3,99(0,51) <sup>*</sup>	-	95,3	<0,10	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>
28	SemMP	91,50(6,14) <sup>**</sup>	8,24(2,71) <sup>ns</sup>	-	70,8	ns	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>
28	SemTP	100,58(1,32) <sup>***</sup>	-0,86(0,21) <sup>*</sup>	-	84,7	<0,10	y=a+b*x
28	PósMP	98,96(1,41) <sup>***</sup>	1,38(0,63) <sup>ns</sup>	-0,12(0,05) <sup>ns</sup>	50,2	ns	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>
28	PósTP	108,37(4,92) <sup>***</sup>	-0,13(0,03) <sup>**</sup>	-	87,9	<0,05	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
<b>Perfilhos</b>							
28	Test	113,05(16,20) <sup>**</sup>	-12,22(2,52) <sup>**</sup>	-	88,3	<0,05	y=a+b*x
28	SemMP	116,90(21,06) <sup>ns</sup>	9,13(25,94) <sup>ns</sup>	-	74,9	ns	y=a/(1+exp(-(x/x0) <sup>b</sup> ))
28	SemTP	103,09(7,97) <sup>***</sup>	-7,38(1,28) <sup>**</sup>	-	92,0	<0,05	y=a+b*x
28	PósMP	94,71(10,98) <sup>**</sup>	-10,21(1,70) <sup>**</sup>	-	92,1	<0,05	y=a+b*x
28	PósTP	98,81(3,18) <sup>**</sup>	-0,89(0,23) <sup>ns</sup>	-	99,5	<0,05	y=a/(1+exp(-(x/x0) <sup>b</sup> ))
<b>Folhas</b>							
28	Test	119,66(5,60) <sup>***</sup>	-0,25(0,03) <sup>**</sup>	-	96,1	<0,05	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	Sem MP	106,28(3,16) <sup>***</sup>	-4,24(0,49) <sup>**</sup>	-	96,1	<0,05	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	SemTP	133,23(12,23) <sup>***</sup>	-0,43(0,06) <sup>**</sup>	-	93,9	<0,01	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	PósMP	126,31(3,66) <sup>***</sup>	-0,34(0,02) <sup>***</sup>	-	99,1	<0,01	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	PósTP	133,51(4,65) <sup>***</sup>	-0,42(0,04) <sup>***</sup>	-	97,5	<0,01	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
<b>Massa da parte aérea seca</b>							
28	Test	112,44(8,02) <sup>***</sup>	-6,04(1,24) <sup>**</sup>	-	88,2	<0,05	y=a+b*x
28	SemMP	105,59(2,67) <sup>***</sup>	-4,47(0,41) <sup>***</sup>	-	97,5	<0,01	y=a+b*x
28	SemTP	145,96(12,27) <sup>***</sup>	-0,56(0,06) <sup>**</sup>	-	96,5	<0,05	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	PósMP	125,23(18,10) <sup>**</sup>	-0,26(0,09) <sup>*</sup>	-	72,7	<0,10	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
28	PósTP	112,83(9,14) <sup>***</sup>	-6,04(1,41) <sup>*</sup>	-	85,1	<0,10	y=a+b*x

# EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P< 0,05; \*\*\* indica P< 0,01; ns não significativo.

## P indica a probabilidade do modelo.

<sup>1</sup>Dias após a aplicação; <sup>2</sup>Tratamentos utilizados: testemunha (Test), tratamento de semente com cloreto de mepiquat ou trinexapac-etil (Sem MP ou TP), aplicação em pós emergência de cloreto de mepiquat ou trinexapacetil (Pós MP ou TP).

Para a variável perfilho de plantas (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa (p<0,15) entre densidade de plantas por vaso e o uso dos inibidores de giberelina. As equações linear e sigmoidal propiciaram ajuste para as regressões entre o efeito dos inibidores de giberelina e densidades testadas (Figura 4.2 e Tabela 4.1).

Os resultados do tratamento de sementes com cloreto de mepiquat (com MP) não se ajustaram à curva para as equações utilizadas. Com o aumento da densidade de plantas há diminuição do número de perfilhos por planta (testemunha não tratada, sem TP, pós MP e pós TP). Numericamente, o maior perfilhamento de plantas foi na densidade de 1 planta por vaso em todos os tratamentos que obtiveram ajuste de regressão. Com exceção do tratamento semente MP na densidade de 4 plantas vaso<sup>-1</sup>, não houve diferenças entre as curvas.

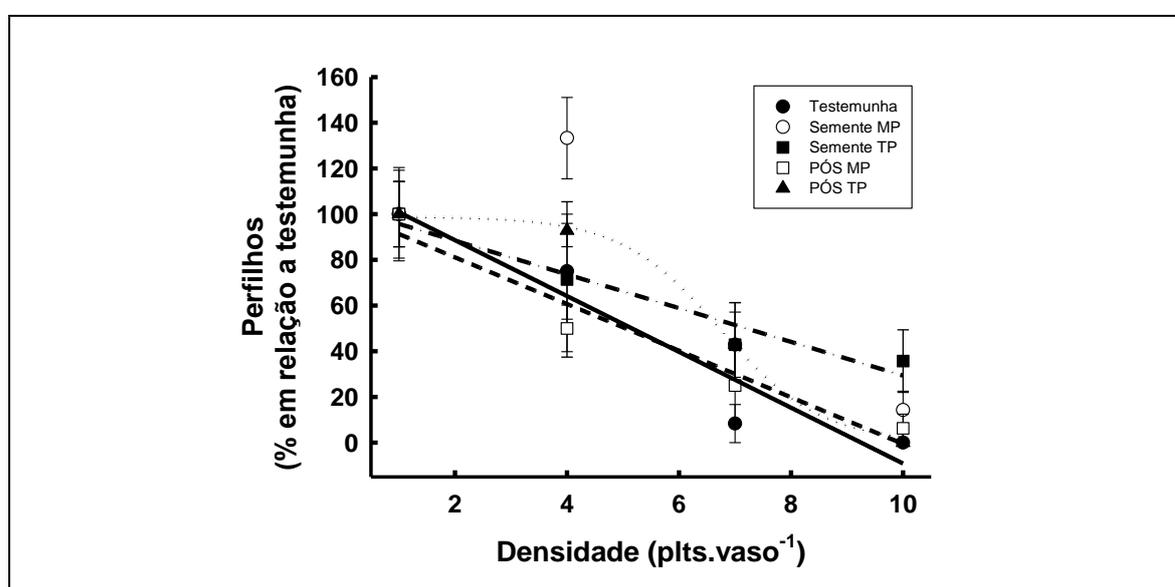


FIGURA 4.2 Perfilhos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac-etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLO/UFGRS, Porto Alegre (RS), 2015.

Para a variável folhas de plantas (% em relação à testemunha), a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,15$ ) entre densidade de plantas por vaso e o uso dos inibidores de giberelina. A equação potência propiciou ajuste nas regressões entre o efeito dos inibidores de giberelina em cada uma das densidades testadas (Figura 4.3 e Tabela 4.1).

O aumento da densidade de plantas por vaso reduziu o número de folhas por plantas em todos os tratamentos com inibidores de giberelina. Numericamente, o maior número de folhas foi observado nas densidade 1 planta por vaso (em todos os tratamentos) e 4 planta por vaso (semente MP). As curvas diferiram entre si nas densidades 4 plantas por vaso (testemunha não tratada e semente MP) e 10 plantas por vaso (testemunha não tratada, semente MP e pós MP).

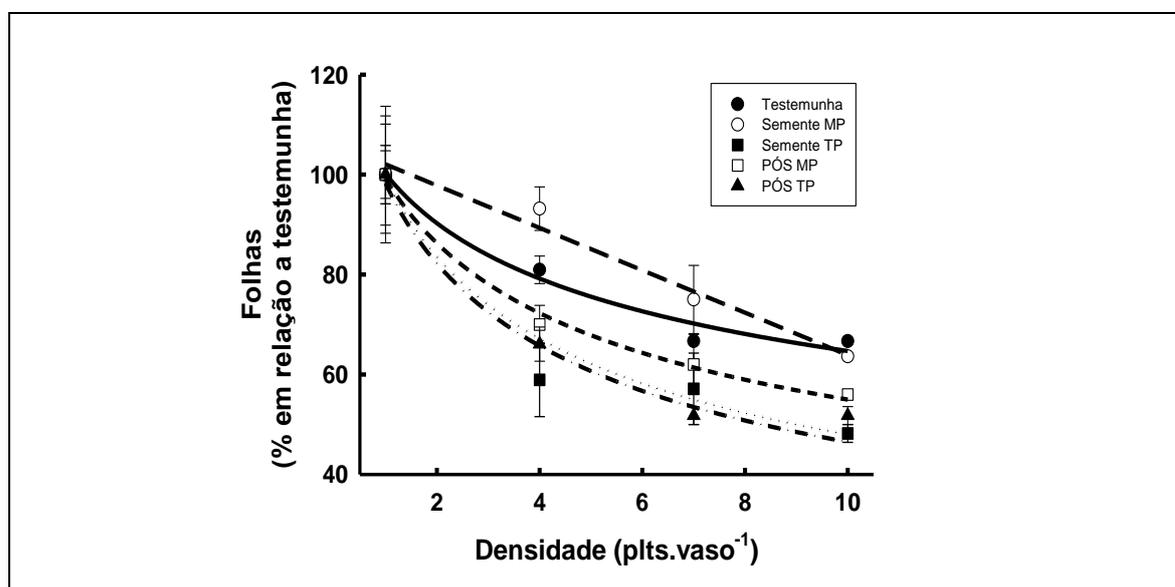


FIGURA 4.3 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapacetil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

A variável massa da parte aérea de plantas seca (MPAS; % em relação à testemunha), a análise de variância evidenciou interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre densidade de plantas por vaso e o uso dos inibidores de giberelina. As equações linear e potência propiciaram ajuste da regressão entre o efeito dos inibidores de giberelina em cada uma das densidades testadas (Figura 4.4 e Tabela 4.1).

Sob elevada densidade de plantas por vaso reduziu a MPAS de plantas em todos os tratamentos com inibidores de giberelina. A maior massa de plantas foi observada na densidade de 1 planta por vaso (todos os tratamentos) e 4 plantas por vaso (testemunha não tratada, semente MP, pós MP ou TP). As curvas diferiram entre si nas densidades 4 e 7 plantas por vaso (semente TP) e 10 plantas por vaso (semente MP; Figura 4.4).

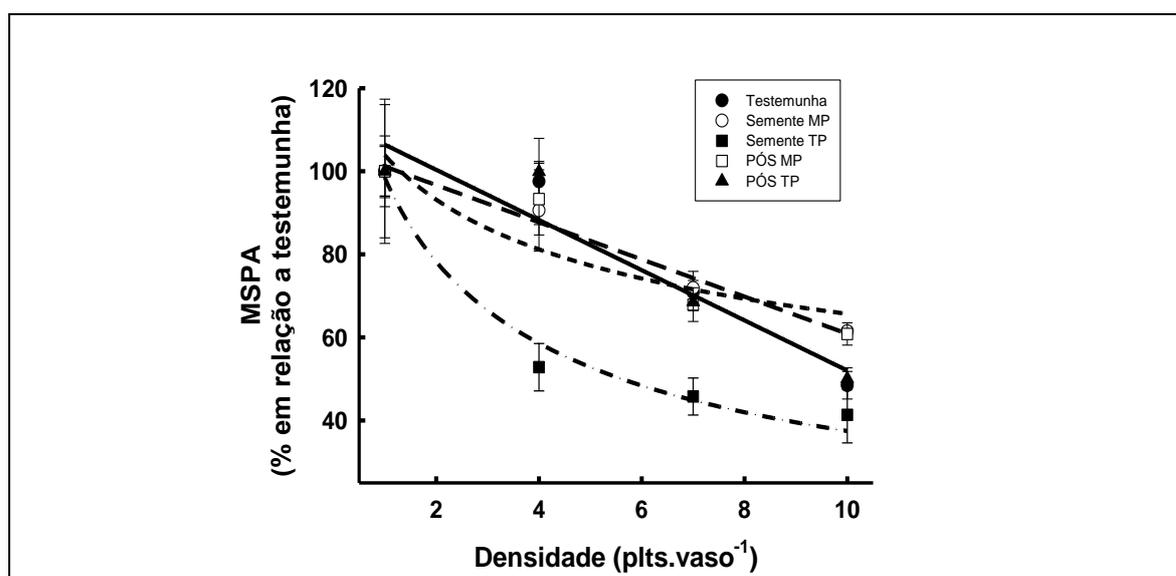


FIGURA 4.4 Matéria da parte aérea seca (MPAS; % em relação a testemunha) de plantas de aveia com e sem uso de cloreto de mepiquat (MP) ou trinexapac-etil (TP) no tratamento de semente (semente) e em pós-emergência (pós). Equações na Tabela 4.1. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

#### 4.3.1.2 Série de substituição

Os resultados de MPAS das plantas de aveia e azevém aos 30 DAE (Figura 4.5) indicam que, dependendo das proporções de plantas testadas, há desvios entre os PR e as retas hipotéticas (Tabela 4.2). As proporções de espécies vegetais que apresentaram significância foram na cv. URS Taura sem inibidor de giberelina (Taura IG) 86/14, 43/57, 29/71 para plantas de aveia e 57/43, 43/57, 29/71 e 14/86 para as plantas de azevém. As proporções que

apresentaram significância para a cv. URS Taura com inibidor de AG foram 57/43 e 14/86 para as plantas de aveia e 86/14 e 43/57 para as plantas de azevém. Nos tratamentos com a cultivar URS Brava as proporções 43/57, 29/71 e 14/86 para as plantas de aveia e 29/71 para as plantas de azevém não apresentaram significância.

O PRT não apresentou diferenças significativas (Tabela 4.2) para as proporções 43/57 e 14/86 na cv. URS Taura sem inibidor de AG, 29/71 com a cv. URS Taura com inibidor de AG e 14/86 com a cv. URS Brava. Os desvios apenas foram superiores (acima de 1) nas proporções 86/14, 43/57 e 29/71 da cv. URS Taura sem inibidor de AG e 84/14, 71/29 e 14/86 da cv. URS Taura com inibidor de AG (Tabela 4.2, Figura 4.5).

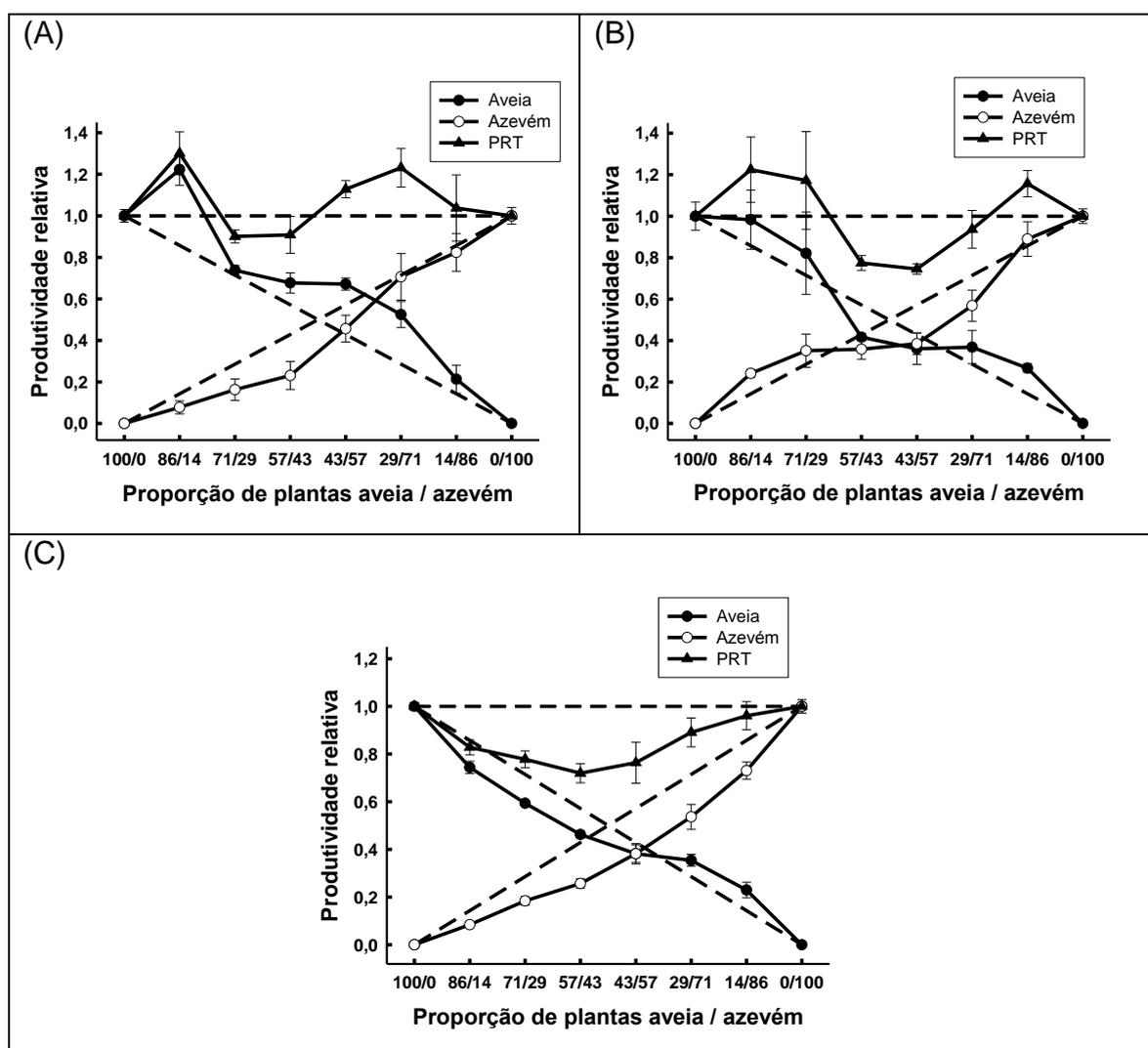


FIGURA 4.5 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa da parte aérea seca (MPAS) de aveia e azevém aos 30 DAE em três situações de plantas de aveia: cv. URS Taura sem inibidor de giberelina (IG; A); cv. URS Taura com IG (B) e cv. URS Brava (C). LAFLO/UFRRGS, Porto Alegre (RS), 2015. Círculos cheios (●) e vazios (○) representam a PR da MPAS das espécies de aveia e azevém, respectivamente. O triângulo cheio (▲) indica a PRT. As linhas tracejadas referem-se as produtividades hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre outra.

TABELA 4.2 Diferenças relativas de produtividade (DPR) para a variável massa seca da parte aérea e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 86/14, 71/29, 57/43, 29/71, 14/86 de plantas de aveia e azevém associados aos 30 DAE. LAFLO/UFRRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

		Proporção de plantas (aveia/avevém)					
		86/14	71/29	57/43	43/57	29/71	14/86
<b>Massa seca da parte aérea</b>							
<b>Taura s/IG</b>	Aveia	0,36(0,08)*	0,02(0,02) <sup>ns</sup>	0,11(0,05) <sup>ns</sup>	0,24(0,03)*	0,24(0,07)*	0,07(0,08) <sup>ns</sup>
<b>Taura s/IG</b>	Azevém	-0,06(0,02) <sup>ns</sup>	-0,12(0,03) <sup>ns</sup>	-0,20(0,04)*	-0,11(0,03)*	-0,01(0,04)*	-0,03(0,10)*
<b>Taura s/IG</b>	PRT	1,30(0,10)*	0,90(0,03)*	0,91(0,09)*	1,13(0,04) <sup>ns</sup>	1,23(0,09)*	1,04(0,16) <sup>ns</sup>
<b>Taura c/IG</b>	Aveia	0,13(0,14) <sup>ns</sup>	0,11(0,20) <sup>ns</sup>	-0,16(0,02)*	-0,07(0,08) <sup>ns</sup>	0,08(0,08) <sup>ns</sup>	0,12(0,02)*
<b>Taura c/IG</b>	Azevém	0,10(0,02)*	0,07(0,08) <sup>ns</sup>	-0,07(0,05) <sup>ns</sup>	-0,19(0,05)*	-0,15(0,08) <sup>ns</sup>	0,03(0,08) <sup>ns</sup>
<b>Taura c/IG</b>	PRT	1,22(0,16)*	1,17(0,24)*	0,77(0,04)*	0,75(0,03)*	0,94(0,09) <sup>ns</sup>	1,16(0,06)*
<b>Brava</b>	Aveia	-0,11(0,04)*	-0,12(0,01)*	-0,11(0,02)*	-0,05(0,06) <sup>ns</sup>	0,07(0,04) <sup>ns</sup>	0,09(0,05) <sup>ns</sup>
<b>Brava</b>	Azevém	-0,06(0,01)*	-0,10(0,03)*	-0,17(0,03)*	-0,19(0,05)*	-0,18(0,07) <sup>ns</sup>	-0,13(0,05)*
<b>Brava</b>	PRT	0,83(0,03)*	0,78(0,04)*	0,72(0,04)*	0,76(0,09)*	0,89(0,06)*	0,96(0,06) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste "t" (p<0,05). Valores entre parêntese representam o erro padrão da média.

Taura s/IG= cultivar URS Taura sem uso de inibido de giberelina.

Taura c/IG= cultivar URS Taura com uso de inibido de giberelina.

Brava= cultivar URS Brava.

As plantas de aveia e azevém apresentaram diferenças significativas quanto ao crescimento relativo (CR) quando utilizado as cv. URS Taura sem inibidor de AG e Brava (Tabela 4.3), indicando que o crescimento comparativo dos genótipos utilizados foi afetado. Foi observado diferenças quanto ao coeficiente de competitividade (A) nos tratamentos com Taura s/ inibidor de AG e Brava, demonstrando que há superioridade de um genótipo sobre outro. Os coeficientes de agrupamento relativo (K) foram todos significativos.

TABELA 4.3 Índices de competitividade entre plantas de aveia (cv. URS Taura e URS Brava), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (A) aos 30 DAE. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

		CR	K <sub>aveia</sub>	K <sub>azevém</sub>	A
<b>Taura s/IG</b>	<b>MSPA<sup>1</sup></b>	2,17(0,15)*	2,31(0,38)*	0,69(0,05)*	0,35(0,04)*
<b>Taura c/IG</b>	<b>MSPA</b>	1,16(0,22) <sup>ns</sup>	0,69(0,13)*	0,66(0,11)*	0,02(0,08) <sup>ns</sup>
<b>Brava</b>	<b>MSPA</b>	1,50(0,17)*	0,85(0,01)*	0,59(0,09)*	0,14(0,03)*

<sup>1</sup>Massa seca da parte aérea.

\* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste "t" (p<0,05). Valores entre parêntese representam o erro padrão da média.

Taura s/IG= cultivar URS Taura sem uso de inibido de giberelina.

Taura c/IG= cultivar URS Taura com uso de inibido de giberelina.

Brava= cultivar URS Brava.

Dependendo das proporções de plantas testadas, as MPAS das plantas de aveia e azevém aos 42 DAE (Figura 4.6) demonstram que há desvios entre os PR e as retas hipotéticas (Tabela 4.6). No experimento com o cv. URS Taura, na ausência de inibidor de GA, houve significância na MSPA das plantas nas proporção 71/29 para plantas de aveia e 14/86 para as plantas de azevém. As proporções que apresentaram significância para a cv. URS Taura com inibidor de AG foram 57/43, 43/57 e 14/86 para as plantas de aveia e 71/29, 57/43, 43/57 e 71/29 para as plantas de azevém. Nos tratamentos com a cultivar URS Brava as proporções 57/43 e 43/57 para ambas as espécies (aveia e azevém) apresentaram significância.

O PRT apresentou diferenças significativas (Tabela 4.4) para as proporções 71/29 e 14/86 na cv. URS Taura sem inibidor de AG, 57/43, 43/57, 29/71 e 14/86 com a cv. URS Taura com inibidor de AG e 71/29, 57/43 e 29/71 com a cv. URS Brava. Os desvios entre a massa medida e a hipotética apenas foram superiores (acima de 1) nas proporções 43/57 da cv. URS Taura sem inibidor de AG e 86/14, 71/29; 14/86 e 86/14, 29/71 da cv. URS Taura com inibidor de AG e 14/86 da cv. URS Brava (Tabela 4.5, Figura 4.9).

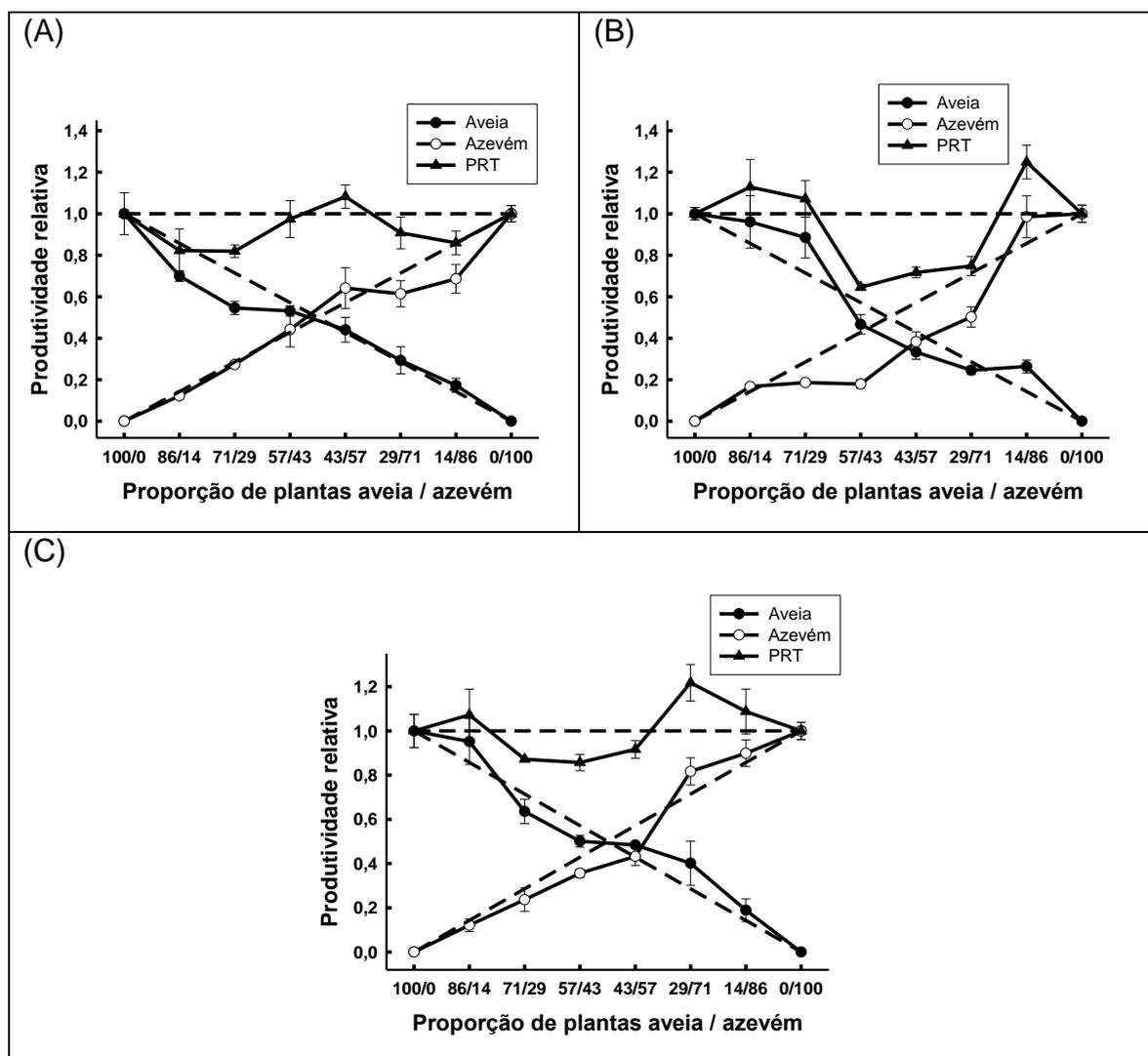


FIGURA 4.6 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa da parte aérea seca (MPAS) de aveia e azevém aos 42 DAE em três situações de plantas de aveia: cv. URS Taura sem inibidor de giberelina (IG; A); cv. URS Taura com IG (B) e cv. URS Brava (C). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015. Círculos cheios (●) e vazios (○) representam a PR da MPAS das espécies de aveia e azevém, respectivamente. O triângulo cheio (▲) indica a PRT. As linhas tracejadas referem-se as produtividades hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre outra.

TABELA 4.4 Diferenças relativas de produtividade (DPR) para a variável massa seca da parte aérea e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 86/14, 71/29, 57/43, 29/71, 14/86 de plantas de aveia e azevém associados aos 42 DAE. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

		Proporção de plantas (aveia/azevém)					
		86/14	71/29	57/43	43/57	29/71	14/86
		<b>Massa seca da parte aérea</b>					
<b>Taura s/IG</b>	Aveia	-0,16(0,10) <sup>ns</sup>	-0,17(0,02)*	-0,04(0,03) <sup>ns</sup>	0,02(0,06) <sup>ns</sup>	0,01(0,06) <sup>ns</sup>	0,03(0,03) <sup>ns</sup>
<b>Taura s/IG</b>	Azevém	-0,02(0,01) <sup>ns</sup>	-0,01(0,01) <sup>ns</sup>	0,01(0,08) <sup>ns</sup>	0,07(0,09) <sup>ns</sup>	-0,10(0,06) <sup>ns</sup>	-0,17(0,07)*
<b>Taura s/IG</b>	PRT	0,82(0,10) <sup>ns</sup>	0,81(0,03)*	0,97(0,09) <sup>ns</sup>	1,08(0,06) <sup>ns</sup>	0,91(0,08) <sup>ns</sup>	0,86(0,06)*
<b>Taura c/IG</b>	Aveia	0,10(0,12) <sup>ns</sup>	0,17(0,10) <sup>ns</sup>	-0,10(0,01)*	-0,10(0,03)*	-0,04(0,02) <sup>ns</sup>	0,12(0,03)*
<b>Taura c/IG</b>	Azevém	0,02(0,01) <sup>ns</sup>	-0,10(0,01)*	-0,25(0,02)*	-0,19(0,04)*	-0,21(0,05)*	0,13(0,10) <sup>ns</sup>
<b>Taura c/IG</b>	PRT	1,13(0,13) <sup>ns</sup>	1,07(0,09) <sup>ns</sup>	0,64(0,02)*	0,72(0,02)*	0,75(0,06)*	1,25(0,08)*
<b>Brava</b>	Aveia	0,09(0,10) <sup>ns</sup>	-0,08(0,05) <sup>ns</sup>	-0,07(0,02)*	0,06(0,01)*	0,12(0,10) <sup>ns</sup>	0,05(0,05) <sup>ns</sup>
<b>Brava</b>	Azevém	-0,02(0,03) <sup>ns</sup>	-0,05(0,05) <sup>ns</sup>	-0,07(0,02)*	-0,14(0,04)*	0,10(0,06) <sup>ns</sup>	0,04(0,06) <sup>ns</sup>
<b>Brava</b>	PRT	1,07(0,12) <sup>ns</sup>	0,87(0,01)*	0,86(0,04)*	0,92(0,04) <sup>ns</sup>	1,22(0,08)*	1,09(0,01) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste "t" (p<0,05). Valores entre parêntese representam o erro padrão da média.

Taura s/IG= cultivar URS Taura sem uso de inibido de giberelina.

Taura c/IG= cultivar URS Taura com uso de inibido de giberelina.

Brava= cultivar URS Brava.

Para a variável CR e A as plantas de aveia e azevém apresentaram diferenças significativas com as cv. URS Taura com inibidor de AG e Brava (Tabela 4.5), demonstrando efeito no crescimento comparativo de plantas e a superioridade de uma espécie sobre outra. Os coeficientes K (de aveia e azevém) foram significativos apenas na cultivar URS Brava.

TABELA 4.5 Índices de competitividade entre plantas de aveia (cv. URS Taura e URS Brava), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (A) aos 42 DAE. LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

		CR	Kaveia	Kazevém	A
<b>Taura s/IG</b>	<b>MSPA<sup>1</sup></b>	1,03(0,19) <sup>ns</sup>	1,00(0,11) <sup>ns</sup>	1,98(0,62) <sup>ns</sup>	-0,05(0,10) <sup>ns</sup>
<b>Taura c/IG</b>	<b>MSPA</b>	1,64(0,14)*	0,67(0,06) <sup>ns</sup>	0,52(0,09) <sup>ns</sup>	0,13(0,04)*
<b>Brava</b>	<b>MSPA</b>	1,50(0,07)*	0,84(0,02)*	0,59(0,05)*	0,14(0,01)*

<sup>1</sup>Massa seca da parte aérea.

\* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste "t" (p<0,05). Valores entre parêntese representam o erro padrão da média.

Taura s/IG= cultivar URS Taura sem uso de inibido de giberelina.

Taura c/IG= cultivar URS Taura com uso de inibido de giberelina.

Brava= cultivar URS Brava.

### **4.3.2 Experimentos em campo**

#### **4.3.2.1 Cultivar URS Taura**

A análise de variância para estatura de plantas de aveia evidenciou interação significativa ( $p < 0,20$ ) entre densidade de plantas de azevém e com ou sem inibidor de ácido giberélico (30 e 63 DAA). As equações linear, quadrática e racional propiciaram ajuste na regressão entre o efeito do uso de inibidor de AG em cada uma das densidades testadas (Figura 4.7 e Tabela 4.6).

Aos 30 DAA, evidenciou-se aumento da estatura de plantas de aveia nas duas condições do inibidor de ácido giberélico (IG) em função do aumento da densidade de plantas de azevém. Numericamente, a maior estatura foi observada nas plantas de aveia sem IG e na densidade de 21 plantas de azevém por  $m^2$ . As curvas diferiram entre si apenas nas densidades de azevém de 15 e 21 plantas por  $m^2$  (Tabela 4.6; Figura 4.9).

Aos 63 DAA não houve diferenças entre as estaturas nas diferentes densidades de azevém. Numericamente, as maiores estaturas foram constatadas nas densidades de azevém de 0 plantas  $m^{-2}$  (com IG) e com 6 plantas  $m^{-2}$  (sem IG). Não houve diferenças entre as curvas (Tabela 4.6; Figura 4.7).

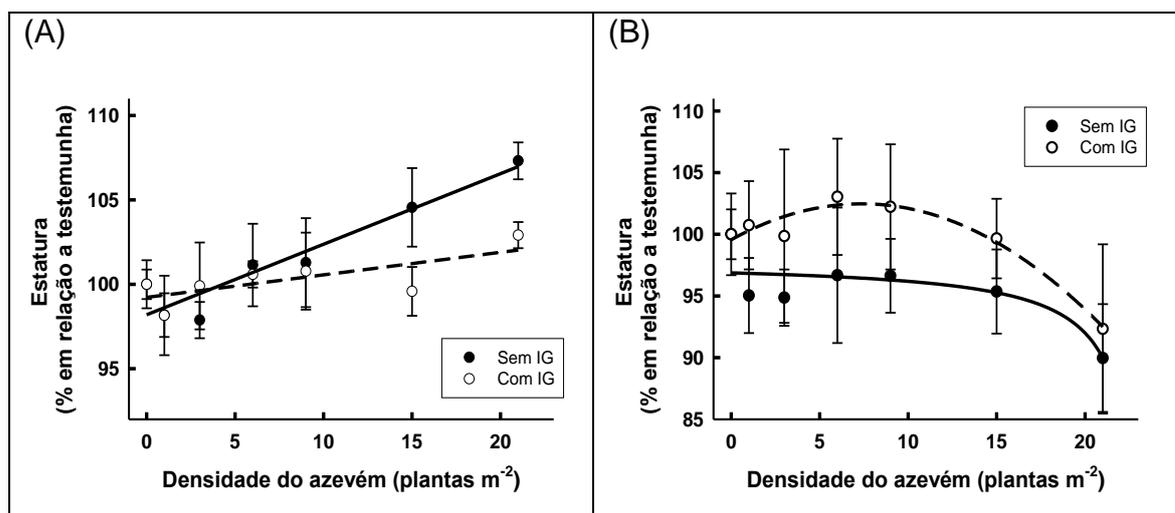


FIGURA 4.7 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 30 DAA (A) e 63 DAA (B). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

TABELA 4.6 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de azevém e efeito do uso de inibidor de giberelina em plantas de aveia cv. URS Taura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> Cv.	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					Equação
		a	b	y <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	
<b>Estatura</b>							
30	Sem IG	98,19(0,64)***	0,42(0,06)***	-	88,5	<0,01	y=a+b*x
30	Com IG	99,22(0,62)***	0,13(0,06)*	-	41,8	<0,10	y=a+b*x
63	Sem IG	99,56(0,66)***	0,79(0,18)**	-0,05(0,01)***	92,8	<0,01	y=a+b*x+y <sub>0</sub> *x <sup>2</sup>
63	Com IG	96,87(1,10)***	-4,09(0,95)**	-0,04(0,01)**	53,9	<0,10	y=(a+b*x)/(1+y <sub>0</sub> *x)
<b>Folhas</b>							
63	Sem IG	97,39(1,61)***	0,99(0,15)***	-	87,6	<0,01	y=a+b*x
63	Com IG	104,43(0,52)***	0,05(0,01)***	-	58,1	<0,10	y=a/(1+exp(-(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup> ))
<b>Massa da parte aérea seca</b>							
63	Sem IG	100,43(1,13)***	0,76(0,11)***	-	89,3	<0,01	y=a+b*x
63	Com IG	98,80(1,16)***	2,36(0,53)**	-	95,0	<0,01	y=a/(1+exp(-(x/x <sub>0</sub> ) <sup>b</sup> ))
<b>Rendimento de grãos</b>							
118	-	88,76(0,84)***	1,59(0,88) <sup>ns</sup>	11,24(2,00)***	83,0	<0,01	y=a+y <sub>0</sub> *exp(-b*x)

<sup>#</sup> EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P<0,05; \*\*\* indica P<0,01; <sup>ns</sup> não significativo.

<sup>##</sup> P indica a probabilidade do modelo.

<sup>1</sup>Dias após a aplicação; <sup>2</sup>Tratamento com ou sem inibidor de giberelina.

Para a variável folhas por plantas (% em relação à testemunha) a análise de variância evidenciou interação significativa (p<0,20) entre densidade de

plantas de azevém e o fator inibidor de giberelina. A equação exponencial propiciou ajuste na regressão realizada entre o efeito do uso de inibidor de AG em cada uma das densidades testadas (Figura 4.8 e Tabela 4.6).

Para os tratamentos sem inibidor de AG, de acordo com o aumento das densidades de azevém, há diminuição do número de folhas por planta. Nas plantas com IG, o número de folhas por planta foi constante independente da densidade de plantas de azevém, com exceção da densidade de 0 plantas de azevém por  $m^2$ . O menor número de folhas por plantas de aveia sem IG foi na densidade de 21 plantas  $m^{-2}$  de azevém.

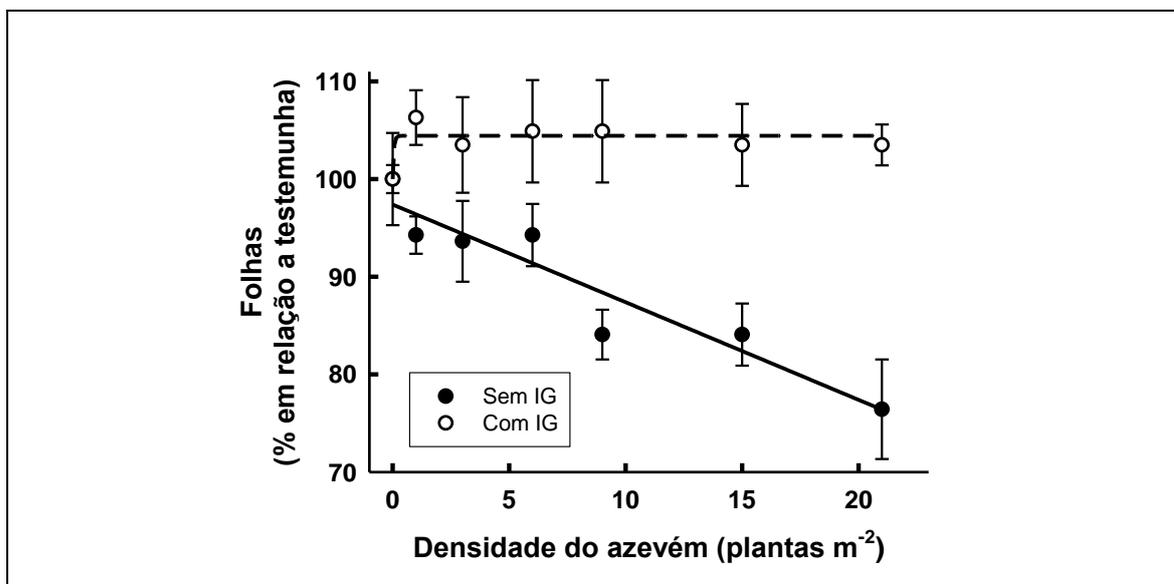


FIGURA 4.8 Folhas (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e sob diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliado aos 63 DAA. Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

Na análise de variância para massa da parte aérea seca de plantas de aveia evidenciou interação significativa ( $p < 0,20$ ) entre densidade de plantas de azevém e o fator inibidor de giberelina. As equações linear e sigmoidal

propiciaram ajuste nas regressões entre o efeito de inibidor de giberelina em cada uma das densidades testadas (Figura 4.9 e Tabela 4.6).

Nas plantas sem IG, a massa da parte aérea seca de plantas de aveia foi diretamente proporcional ao aumento da densidade de plantas de azevém. Situação contrastante foi observada nas plantas de aveia com IG, onde o aumento da densidade de azevém acarretou na diminuição da MPAS. Numericamente a menor e a maior MPAS nas plantas de aveia sem IG foram nas densidades 0 e 21 plantas de azevém por m<sup>2</sup>, respectivamente. A menor MPAS de plantas com IG foi observada na densidade 21 plantas de azevém por m<sup>2</sup>. Numericamente a maior MPAS das plantas de aveia com IG foi obtida na densidade de 0 plantas de azevém por m<sup>2</sup>. As curvas diferiram entre si nas densidades de 9, 15 e 21 plantas por m<sup>2</sup> de azevém.

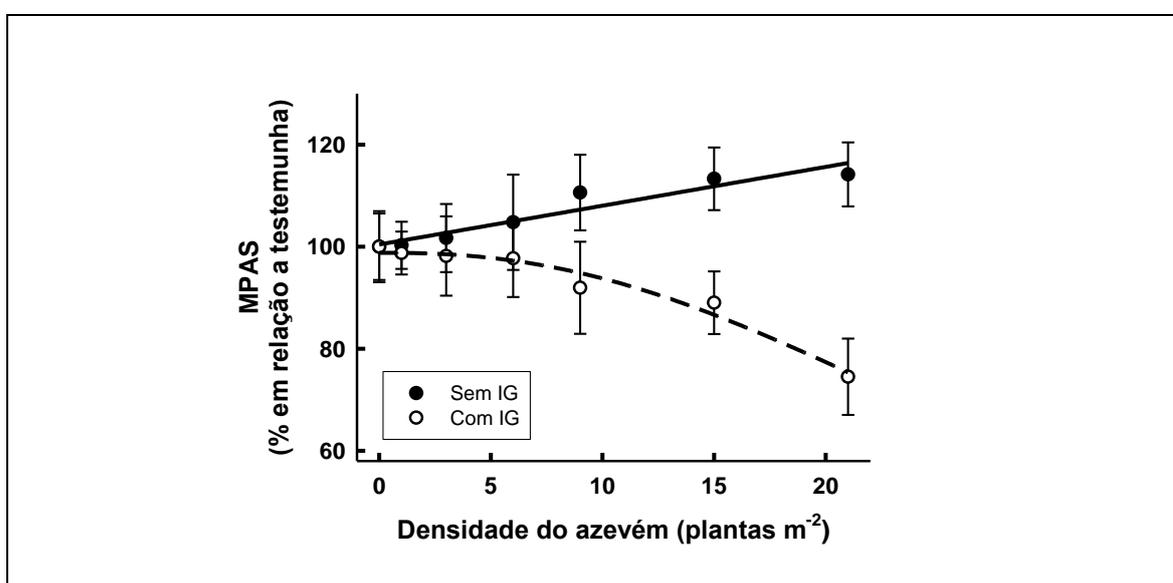


FIGURA 4.9 Massa da parte aérea seca (MPAS, % em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliado aos 63 DAA. Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

A análise de variância para rendimento de grãos de plantas de aveia não evidenciou interação significativa entre os fatores densidade de plantas de azevém e inibidor de giberelina, mas houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para cada fator testado. A equação exponencial propiciou ajuste para a regressão entre o rendimento de grãos de aveia a densidade de plantas de azevém, na média das duas condições de uso de IG (Figura 4.10 e Tabela 4.6). O rendimento de grãos de aveia respondeu de forma inversamente proporcional à densidade de azevém. Numericamente o maior rendimento de grãos de aveia com e sem IG foi observado na densidade 0 plantas de azevém  $m^{-2}$ . Nas plantas de aveia sem IG numericamente o menor rendimento de grãos foi na densidade 3 plantas por  $m^2$ . Todavia nas plantas de aveia com IG numericamente o menor rendimento de grãos foi observado na densidade de 21 plantas de azevém por  $m^2$  (Figura 4.10 e Tabela 4.6).

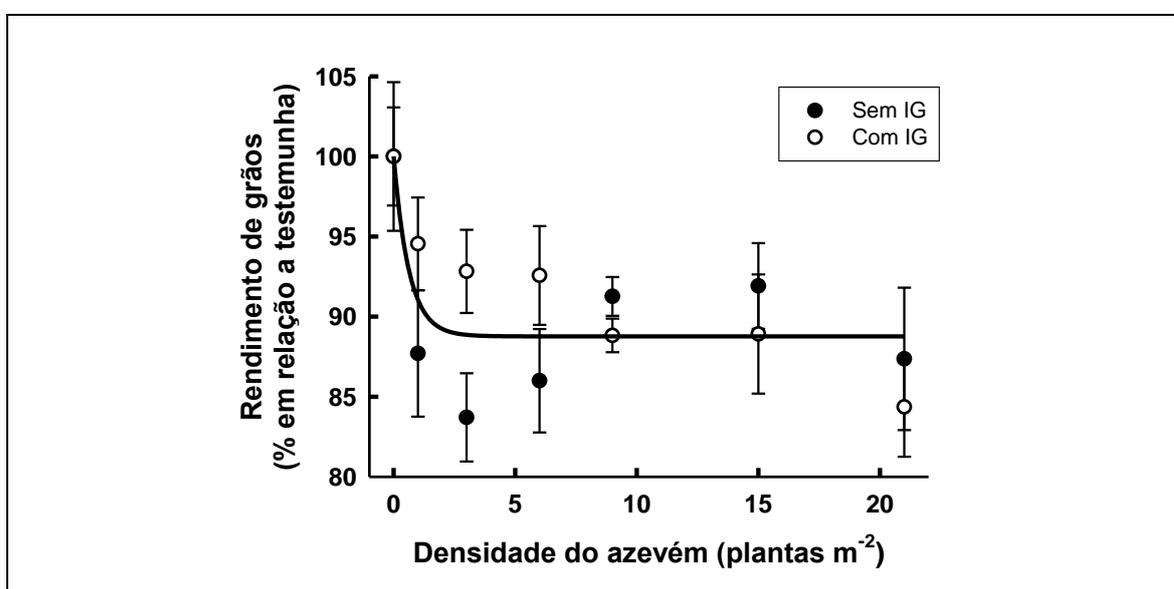


FIGURA 4.10 Rendimento de grãos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Taura com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora). Equações na Tabela 4.6. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

#### 4.3.2.2 Cultivar URS Brava

A análise de variância para estatura de plantas de aveia evidenciou interação significativa ( $p < 0,20$ ) entre densidade de plantas de azevém e com ou sem inibidor de giberelina (30 e 63 DAA), respectivamente. As equações linear e quadrática propiciaram ajuste nas regressões entre o efeito do uso de IG em cada uma das densidades testadas (Figura 4.11 e Tabela 4.7).

Aos 30 DAA não houve ajuste da curva nas plantas com IG para os dados testados. Nas plantas sem IG conforme o aumento da densidade de plantas de azevém ocorreu uma diminuição da estatura de plantas de aveia. Numericamente a maior estatura foi observada nas plantas de aveia com IG na densidade de 15 plantas de azevém por  $m^2$ . As curvas diferiram entre si apenas na densidade de 15 plantas por  $m^2$  de azevém.

Aos 63 DAA, nas plantas sem IG, houve relação inversa entre a densidade de azevém e a estatura das plantas. Porém, nas plantas com IG foi observado efeito contrário. Numericamente, as maiores estaturas de plantas foram observadas nas densidades de azevém de 1 planta  $m^{-2}$  (sem IG) e 15 plantas  $m^{-2}$  (com IG). As curvas diferiram nas densidades 15 e 21 plantas  $m^{-2}$ .

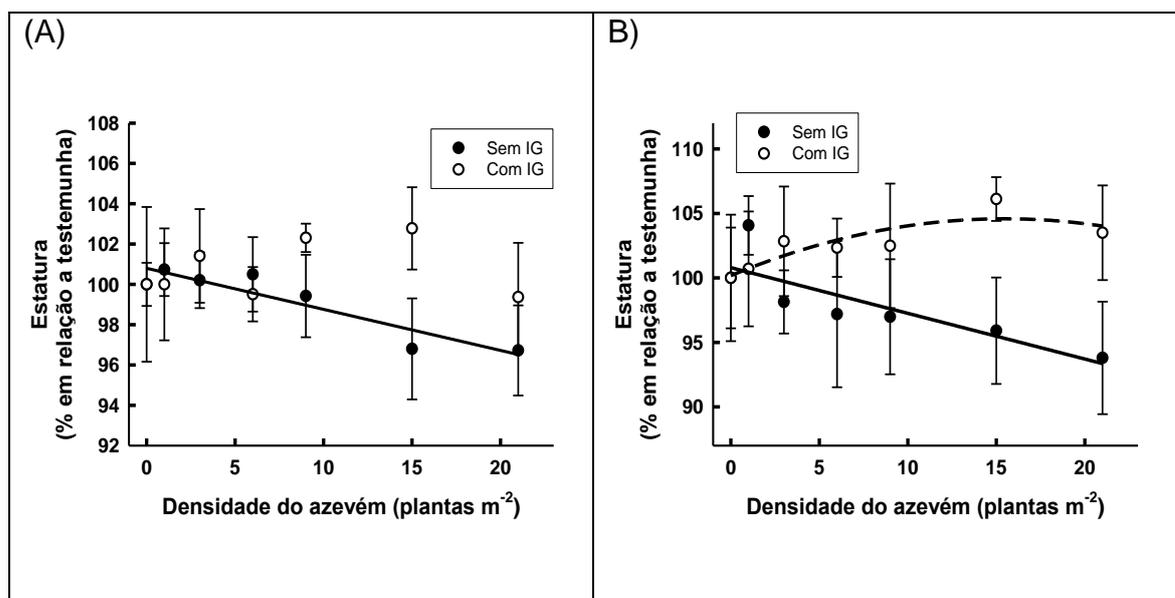


FIGURA 4.11 Estatura (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 30 DAA (A) e 63 DAA (B). Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

TABELA 4.7 Equações de regressão usadas para determinar os efeitos de densidade de plantas de azevém e efeito do uso de inibidor de giberelina em plantas de aveia cv. URS Brava. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

<sup>1</sup> DAA	<sup>2</sup> Cv.	Parâmetros da Equação (EP) <sup>#</sup>					Equação
		a	B	y0	R <sup>2</sup>	P <sup>##</sup>	
<b>Estatura</b>							
30	Sem IG	100,79(0,40) <sup>***</sup>	-0,20(0,04) <sup>***</sup>	-	82,0	<0,01	y=a+b*x
30	Com IG	99,63(0,89) <sup>***</sup>	0,43(0,24) <sup>ns</sup>	-0,02(0,01) <sup>ns</sup>	17,6	ns	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>
63	Sem IG	100,79(1,10) <sup>***</sup>	-0,35(0,10) <sup>**</sup>	-	64,2	<0,05	y=a+b*x
63	Com IG	100,17(0,86) <sup>***</sup>	0,57(0,23) <sup>*</sup>	-0,02(0,01) <sup>ns</sup>	61,9	<0,10	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>
<b>Massa seca da parte aérea</b>							
63	Sem IG	102,80(3,18) <sup>***</sup>	0,84(0,29) <sup>**</sup>	-	53,8	<0,05	y=a+b*x
63	Com IG	98,20(6,95) <sup>***</sup>	0,08(0,03) <sup>*</sup>	-	74,1	<0,10	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
<b>Rendimento de grãos</b>							
118	Sem IG	102,97(2,05) <sup>***</sup>	-0,04(0,01) <sup>***</sup>	-	77,0	<0,01	y=a*(1+x) <sup>b</sup>
118	Com IG	102,10(1,99) <sup>***</sup>	1,73(0,54) <sup>**</sup>	-0,08(0,02) <sup>**</sup>	60,0	<0,05	y=a+b*x+y0*x <sup>2</sup>

<sup>#</sup> EP = erro padrão da estimativa; \* indica P<0,10; \*\* indica P< 0,05; \*\*\* indica P< 0,01; ns não significativo.

<sup>##</sup> P indica a probabilidade do modelo.

<sup>1</sup>Dias após a aplicação; <sup>2</sup>tratamento utilizado com ou sem inibidor de giberelina.

A análise de variância para massa da parte aérea seca de plantas de aveia evidenciou interação significativa (p<0,05) entre densidade de plantas de azevém e o fator inibidor de giberelina. Em cada condição de inibidor de giberelina

testada, as equações linear e potência propiciaram ajuste nas regressões entre a densidade de azevém e a MPAS (Figura 4.12 e Tabela 4.7).

Nas plantas com e sem IG, ocorreu um incremento na massa da parte aérea seca de plantas de aveia de forma proporcional à densidade de plantas de azevém. A menor MPAS de plantas sem IG foi observada na ausência de plantas de azevém. Quando as plantas de aveia foram tratadas com IG, a menor MPAS foi constatada na densidade de 1 planta de azevém  $m^{-2}$ . (Figura 4.12 e Tabela 4.7).

Na ausência de IG, as maiores MPAS foram obtidas nas densidades de azevém de 15 e 21 plantas por  $m^2$ . Numericamente a maior MPAS das plantas com IG foi obtida na densidade de azevém de 21 plantas  $m^{-2}$ . As curvas diferiram entre si nas densidades de azevém de 1, 15 e 21 plantas  $m^{-2}$ . (Figura 4.12 e Tabela 4.7).

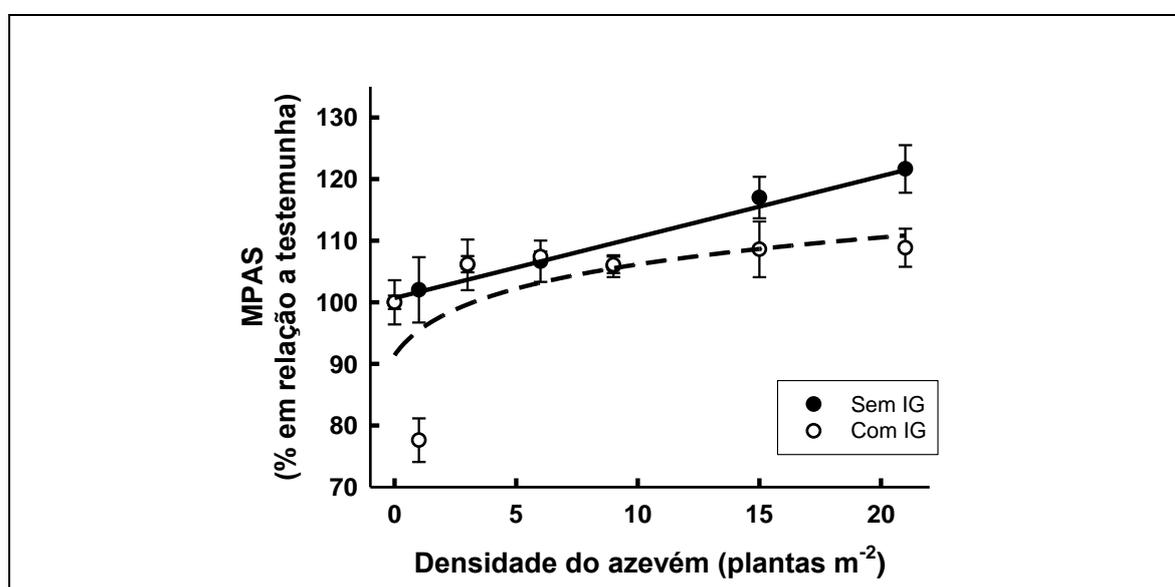


FIGURA 4.12 Massa da parte aérea seca (MPAS, % em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 63 DAA. Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

A análise de variância para rendimento de plantas de aveia evidenciou interação significativa ( $p < 0,20$ ) entre densidade de plantas de azevém e o fator inibidor de giberelina. Em cada condição de inibidor de giberelina as equação quadrática propiciou ajuste nas regressões entre a densidade de azevém e o rendimento de grãos de aveia (Figura 4.13 e Tabela 4.7).

Na ausência de IG, o rendimento de grãos de aveia foi inversamente proporcional ao aumento da densidade de plantas de azevém. Numericamente o maior e o menor rendimento de grãos de aveia sem IG foi observado na densidade de azevém de 3 e 15 planta  $m^{-2}$ , respectivamente. Quando as plantas de aveia receberam inibidor de giberelina, o seu rendimento de grãos aumentou entre as densidades de azevém de 0 a 10 e decresceram em densidades posteriores (Figura 4.13 e Tabela 4.7).

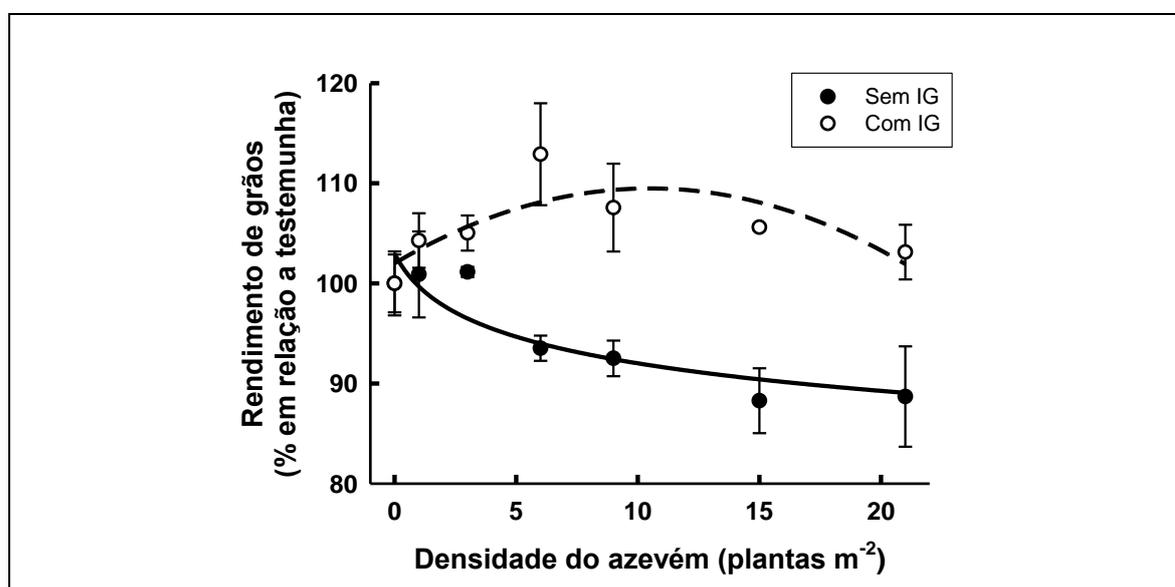


FIGURA 4.13 Rendimento de grãos (% em relação a testemunha) de plantas de aveia da cv. URS Brava com e sem inibidor de giberelina (IG) e com diferentes densidades de plantas de azevém (competidora) avaliada aos 63 DAA. Equações na Tabela 4.7. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

#### 4.4 DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos suportam a hipótese de que o inibidor de ácido giberélico (inibidor de AG) diminui as modificações morfológicas causadas pelo aumento da densidade de plantas. As evidências mais pronunciadas para esta hipótese foram encontradas nas variáveis estatura, perfilhamento e massa da parte aérea seca de plantas de aveia (Figuras 4.1 e 4.7; 4.2; 4.9 e 4.12, respectivamente). Nos tratamentos sem inibidor de AG, com o aumento da densidade de plantas de aveia, houve modificações na morfologia e desenvolvimento das plantas. Contudo, quando as plantas foram tratadas com inibidor de AG, o efeito causado pelo aumento da densidade de plantas não foi tão acentuado, demonstrando ação dos inibidores de giberelina sobre as plantas (Figuras 4.1 e 4.7; 4.2; 4.9 e 4.12).

Conforme o aumento da densidade de plantas há ação do inicialismo seguido de uma futura competição. Isso pode ser averiguado nas plantas de aveia não tratadas com inibidor de AG, nas quais o aumento da densidade de plantas (seja de aveia ou de azevém) acarretou no aumento da estatura (estiolamento; Figuras 4.1 e 4.7), diminuição do perfilhamento (Figura 4.3), diminuição do número de folhas (Figura 4.8) e aumento da MPAS (Figura 4.9 e 4.12). Todavia, quando houve aplicação de trinexapac-etil (seja como tratamento de sementes ou pós-emergente) em plantas de aveia houve redução da estatura (na fase inicial; Figuras 4.1 e 4.7a), aumento do perfilhamento (Figura 4.3) e MPAS (Figuras 4.9 e 4.12), fatos prováveis pela diminuição dos efeitos causados pelo inicialismo. As plantas tratadas com cloreto de mepiquat tiveram comportamento similar à testemunha não tratada em algumas variáveis e dependendo da densidade de plantas.

Em plantas não tratadas com inibidor de AG, o efeito do aumento da densidade pode ser averiguado em outros trabalhos da literatura científica, como em plantas de milho e cevada, quando em altas densidades, apresentaram elevada estatura após 2-3 semanas de crescimento (Pierre *et al.*, 2011). Na análise de massa da parte aérea das plantas, em *Ambrosia artemisiifolia*, constatou-se diminuição de MPAS por planta no tratamento com elevada densidade (25 plantas m<sup>-2</sup>), quando contrastado com reduzida densidade de plantas (4 plantas m<sup>-2</sup>) (Leskovsek *et al.*, 2012; Patracchini *et al.*, 2011). Similarmente, em plantas de *Chenopodium album* e de *Amaranthus retroflexus* verificou-se que a massa da parte aérea incrementou-se com a elevação da densidade populacional (Lindsey *et al.*, 2013).

Quando se usou inibidores de ácido giberélico (trinexapac-etil e cloreto de mepiquat) em plantas de *Phaseolus vulgaris* se constatou que o efeito da densidade de plantas foi menos intenso nas variáveis estatura e MPAS em relação as plantas não tratadas (Vidal *et al.*, 2012). Em plantas de aveia, existem estudos com trinexapac-etil, mas com aspersão nos estádios de primeiro e de segundo nós visíveis no colmo em alongação e com o objetivo de redução da estatura (Hawerth *et al.*, 2015). Quando se usou trinexapac-etil em aveia em dois estádios (primeiro e segundo nó visível) houve redução da estatura de plantas em relação às plantas sem aspersão (Hawerth *et al.*, 2015).

Os resultados dos experimentos desse capítulo, aliados aos dados da literatura, demonstram que o trinexapac-etil teve efeitos mais constantes nas variáveis avaliadas, enquanto que o cloreto de mepiquat agiu em apenas em algumas variáveis. Esse fato deve ter ocorrido pela especificidade trinexapac-etil em gramíneas quando comparada ao cloreto de mepiquat. Trinexapac-etil é recomendado para as culturas da cana-de-açúcar, cevada e trigo, enquanto que o

cloreto de mepiquat restringe-se ao uso em algodoeiro (Brasil, 2016). Quanto à forma de aplicação dos inibidores de AG, como tratamento de sementes houve prejuízo na germinação de aveia (experimentos preliminares, não amostrados).

### **Experimentos de série de substituição**

Os experimentos de série de substituição forneceram evidências para a hipótese de que as plantas de aveia são mais competitivas do que as plantas de azevém (Figuras 4.5 e 4.6). Por exemplo, para a aveia cv. URS Taura sem inibidor de AG aos 30 DAE, o fato dos dados de PR ter sido representado por linha convexa e a do azevém por linha côncava (Figura 4.5a), evidencia benefício para a cultura e prejuízo para o competidor. Fato similar foi observado com a URS Brava (aos 30 e 42 DAE; Figuras 4.5c e 4.6c) e URS Taura com inibidor de AG (aos 42 DAE; Figura 4.6b). A competição entre as duas espécies ocorreu pelos mesmos recursos do meio, sendo estes utilizados mais eficientemente pela cultura nessas condições. Na análise da PRT, a cultivar URS Taura sem inibidor de AG (aos 30 DAE) o fato da curva para as plantas de aveia não terem sido pronunciadamente convexa sugere que houve benefício mútuo ao crescimento, ou seja, não houve competição entre as duas espécies. Na cultivar URS Brava (aos 30 e 42 DAE) e URS Taura (aos 42 DAE) a PRT apresentou linha côncava indicando que houve competição pelos recursos do meio.

Os índices de competitividade com as cultivares URS Taura (sem inibidor de AG) e URS Brava na variável MPAS aos 30 DAE (Tabela 4.3) e URS Taura (com inibidor de AG) e URS Brava na variável MPAS aos 42 DAE, também sugerem que as plantas de aveia foram mais competitivas que as de azevém (Tabela 4.5). O crescimento relativo da aveia URS Taura (sem inibidor de AG aos 30 DAE e com inibidor de AG aos 42 DAE) e URS Brava (aos 30 e 42 DAE),

indicado pelo índice CR, foi superior ao do azevém, havendo dominância da cultura sobre o competidor, conforme indicado pelos índices K e A (Tabela 4.3 e 4.5). Esses dados também apoiam a nossa interpretação de que a cultura de aveia é mais competitiva do que a espécie daninha azevém. Provavelmente, a interação entre plantas daninhas e cultivadas não se deve somente à habilidade competitiva individual, mas, principalmente, à população total de plantas em associação (Vilà *et al.*, 2004).

Outros trabalhos da literatura avaliando azevém como espécie competidora também constataram que as culturas de inverno levam vantagem competitiva (Rigoli *et al.*, 2008; Galon *et al.*, 2011). Por exemplo, plantas de trigo em competição com as de azevém apresentaram relações competitivas alteradas em função das proporções de plantas que compõem a associação. A cultura do trigo apresenta habilidade competitiva superior à do azevém quando as espécies ocorrem em proporções iguais de plantas nas associações, e essas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico (Rigoli *et al.*, 2008). Da mesma forma, plantas de cevada foram mais competitivas do que as de azevém (Galon *et al.*, 2011). A vantagem competitiva de plantas de cevada sobre as de azevém se deve às características da espécie cultivada, incluindo elevada taxa de crescimento inicial, melhor desenvolvimento radicular nos estágios iniciais de desenvolvimento e alta área foliar (WANIC *et al.*, 2013). De fato, elevada estatura torna as plantas mais eficazes na captura da radiação solar, impondo sombreamento ao competidor (Almeida & Mundstock, 2001).

Outros resultados similares também foram observados em trabalhos que avaliaram a competitividade entre espécies com algum grau de semelhança botânica (Hoffman & Buhler, 2002; Rigoli *et al.*, 2008; Agostinetto *et al.*, 2008). Utilizando os três índices para definir competitividade, foi verificado que o sorgo

cultivado foi mais competitivo do que *Sorghum halepense* (Hoffman & Buhler, 2002). O crescimento relativo do trigo, indicado pelo índice CR, foi superior ao do azevém, havendo dominância da cultura sobre o competidor, conforme indicado pelos índices K e A (Rigoli *et al.*, 2008)

Nem sempre a vantagem competitiva é da cultura, principalmente quando há recursos escassos (Galon *et al.*, 2011). O arroz-vermelho, embora pertencente à mesma espécie botânica do que o arroz cultivado, apresenta superioridade na competição com a cultura (Pantone & Baker, 1991). Todavia, há diferença na capacidade competitiva dos biótipos de arroz-vermelho, sendo que aqueles com elevada capacidade de afilamento levam vantagem em relação aos demais (Estorninos Jr. *et al.*, 2002).

Como síntese dos resultados obtidos no trabalho de séries de substituição entre aveia e azevém (até os 42 DAE) as plantas de aveia são mais competitivas de que as de azevém. Algumas características da cultura de aveia que podem tê-la favorecido em competição com o azevém destacam-se o crescimento inicial rápido, que deve ter elevado sua eficiência no uso de recursos em relação à luz e nutrientes no solo. Esse rápido crescimento inicial é descrito em outras culturas como a cevada e o trigo (Didon, 2002; Rigoli *et al.*, 2008; Molla e Sharaiha, 2010). Outras características dos experimentos que podem ter influenciado na competitividade entre aveia e azevém é a cultivar de aveia, o uso de inibidor de AG, as proporções de plantas utilizadas e o tempo de duração da competição.

### **Experimentos com genótipos de aveia de porte alto e baixo**

As variáveis avaliadas nos experimentos suportam a hipótese de que as plantas de aveia da cultivar de porte elevado (URS Brava) apresentam maior habilidade competitiva sobre azevém do que a de porte baixo. As evidências para

essa hipótese foram detectadas tanto nos experimentos de casa-de-vegetação (série de substituição) como nos experimentos de campo.

Nos experimentos de série de substituição (Figuras 4.5 e 4.6 e Tabelas 4.3 e 4.5), as plantas da cv. URS Brava (porte alto) apresentaram, nos índices de competitividade, diferenças significativa (CR, K e A) de MPAS aos 30 e 42 DAE (Tabelas 4.3 e 4.5). Mas, as plantas do cv. URS Taura (porte baixo), sem inibidor de AG, demonstrou significância desses índices apenas aos 30 DAE (Tabela 4.3). As plantas do cv. URS Taura, com inibidor de AG, somente demonstrou significância no valor das variáveis CR e A, quando avaliadas aos 42 DAE (Tabela 4.5). Isso demonstra que, durante as épocas avaliadas, as plantas da cv. URS Brava foi mais competitiva do que as de azevém, na proporção de 50% de plantas.

Nos experimentos a campo, com densidade fixa da cultura e variável do azevém, nas plantas da cv. URS Brava, a MPAS de azevém foi na média de 0,81 g planta<sup>-1</sup>, enquanto na cv. URS Taura foi de 1,30 g planta<sup>-1</sup> (dados não apresentados). Esse fato demonstra que as plantas de azevém tiveram maior supressão do crescimento em competição com a URS Brava, quando comparado com a URS Taura. Isso pode ser devido principalmente a maior estatura da cv. URS Brava que a URS Taura.

O potencial de competitividade de culturas com espécies daninhas é dependente da cobertura precoce do solo proporcionada pelo dossel, principalmente na fase inicial de desenvolvimento (Fleck, 1980; Balbinot Jr. *et al.*, 2003; Haefele *et al.*, 2004). Cultivares de trigo com elevada habilidade competitiva com plantas daninhas apresentaram características como estatura elevada, folhas largas e decumbentes, crescimento vigoroso, abundante afilhamento e elevada cobertura do solo (Lemerle *et al.*, 2001; Wicks *et al.*, 2004). Plantas de soja de

cultivar de porte baixo, quando em competição com plantas de porte elevado, tem maior perda da produtividade de grãos, comparado com as de cultivares de porte alto (Fleck *et al.*, 2007).

A síntese do conhecimento proveniente dos resultados dos experimentos (plantas da cv. Brava) deste capítulo aliado ao da literatura, indica que cultivares de porte alto possuem elevada habilidade competitiva. Plantas de cultivares de aveia com estatura elevada têm características morfológicas vantajosas para a captação de luz pelo dossel, de forma que sombreiam o terreno durante os primeiros 30 dias de crescimento da cultura (Schaedler *et al.*, 2009), conferindo-lhes elevado potencial competitivo com as plantas adventícias.

### **Experimentos de campo**

Os resultados dos experimentos em campo realizados com plantas das cv. URS Taura e Brava (Figuras 4.10 e 4.13) suportam a teoria de que inibidor de AG favorece o rendimento de grãos de aveia branca quando em competição com azevém. Nesses experimentos, plantas dessas cultivares de aveia (sem inibidor de AG; Figuras 4.10 e 4.13) tiveram perda de produtividade diretamente proporcional à densidade de plantas de azevém (até 17% e 12%, para URS Taura e Brava, respectivamente). Porém, o inibidor de AG, quando aplicado nas plantas da cv. URS Brava, incrementou o rendimento de grão proporcionalmente à densidade de infestantes (Figura 4.13).

Baseados na literatura (Vidal *et al.*, 2012), supõe-se que o inibidor de AG atua principalmente na alocação de fotoassimilados dentro da planta, não priorizando o crescimento da parte aérea das plantas de aveia em detrimento as raízes, mesmo sob competição com azevém. Nos experimentos dessa dissertação, isso pode ser observado nos dados de MPAS, onde as cultivares

URS Taura e Brava, quando não aspergidas com inibidor de AG, obtiveram aumento da MPAS proporcional ao incremento da densidade de azevém. Em plantas aspergidas com inibidor de AG, o aumento da MPAS não foi tão magnificado com a URS Brava e diminuiu com a URS Taura, com incremento da densidade de azevém (Figuras 4.9 e 4.12). Há, portanto, redução dos efeitos causados pelo inicialismo, permitindo que não haja, num primeiro momento, mudanças na arquitetura da planta cultivada em função da densidade de plantas de azevém.

Evidências da capacidade do trinexapac-etil em reduzir a estatura de várias culturas são abundantes na literatura científica (Rajala e Peltonen-Sainio, 2001; Zagonel e Fernandes, 2007; Nascimento *et al.*, 2009; Penckowski *et al.*, 2010). Trinexapac-etil, quando aspergido em duas épocas nas plantas de trigo, reduziu a estatura das mesmas (Zagonel e Fernandes, 2007; Penckowski *et al.*, 2010). Em plantas de arroz, o inibidor de giberelina reduziu a estatura e aumentou o perfilhamento (Nascimento *et al.*, 2009). De forma semelhante, trinexapac-etil reduziu a estatura e aumentou o perfilhamento de plantas de aveia, quando aplicado em plântulas no estágio de 2 folhas (Rajala e Peltonen-Sainio, 2001).

Inibidores de AG causam diversas modificações morfológicas nas plantas e reduzem os efeitos causados pelo aumento da densidade de infestantes (Vidal *et al.*, 2012). Entre as mudanças na arquitetura de plantas, destacam-se as alterações da estrutura foliar (ângulo de folhas, número de folhas), e o aumento do afilhamento, gerando plantas mais compactas (Souza *et al.*, 2013). Como consequência, ocorre elevada eficiência na fotossíntese e, conseqüentemente, aumento da produtividade (Liu *et al.*, 2010; Penckowski e Fernandes, 2010; Souza *et al.*, 2013).

A literatura indica que o efeito do trinexapac-etil sobre a produtividade de grãos varia de acordo com a cultura, o genótipo, a concentração do produto utilizada e época de sua aplicação (Berti *et al.*, 2007; Zagonel & Fernandes, 2007; Kappes *et al.*, 2011; Penckowski *et al.*, 2010; Arf *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2013). Outros redutores do crescimento vegetal (inibidores de giberelina) também demonstraram incrementar o rendimento de grãos de culturas, como arroz, aveia, cevada e trigo (Matysiak, 2006; Zagonel & Fernandes, 2007; Borm & Berg, 2008; Shekoofa e Emam, 2008; Hawerth *et al.*, 2015). Teoriza-se que tal efeito é decorrente da alteração da partição de carboidratos nas plantas cultivadas, devido à especulação de que os fotoassimilados não foram destinados ao incremento de estatura, mas foram redirecionados predominantemente para as espigas (Shekoofa e Emam, 2008).

Porém, inibidores de AG nem sempre incrementam a produtividade das culturas. Trinexapac-etil, quando aspergido em plantas de arroz (de sequeiro) sob diferentes densidades de semeadura, reduziu a produtividade da cultura (Silva, 2009) e os componentes do rendimento (Alvarez *et al.*, 2007).

Convém salientar que a maioria destes estudos objetivam a diminuição do acamamento de plantas. Mas, os inibidores de AG promovem mudanças na arquitetura das plantas, aumentando o balanço entre parte aérea e raiz. Especulamos que esse aumento da habilidade competitiva das plantas ocorre, primeiramente, por evitar os efeitos do inicialismo na morfologia de plantas e, como consequência, permitindo o crescimento proporcional entre parte aérea e raiz. A maior massa de raízes, possibilita maior possibilidade de acesso a nutrientes e à água presentes no solo, possibilitando o incremento da habilidade competitiva das culturas (Maliakal *et al.*, 1999; Vidal *et al.*, 2008). Cabe aqui salientar que o aumento de produtividade na URS Brava com inibidor de AG pode

ser devido aos fatores já comentados como a diminuição do efeito do inicialismo, mudança na arquitetura da planta (permitindo maior captação de luz no dossel, aumento do perfilhamento) e também diminuição do acamamento. Como esta cultivar é de porte alto, uma redução da estatura (diminuindo o acamamento) pode, assim, contribuir para o aumento do rendimento de grãos.

O rendimento das cultivares avaliadas, URS Taura e Brava, sem inibidor de AG, foram em média de 1742 e 1648 kg ha<sup>-1</sup>. Quando houve aspersão do inibidor de AG nas cv. URS Taura e Brava os rendimentos foram de 1838 e 1736 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os rendimentos obtidos foram considerados abaixo do potencial produtivo de ambas as cultivares, que é em torno de 3500 e 4500 kg ha<sup>-1</sup> (Federizzi *et al.*, 2015). Esse baixo rendimento obtido se deve provavelmente aos efeitos do clima. Por exemplo, entre os dias 25 de julho e 29 de agosto ocorreu baixa precipitação pluviométrica (15 mm). Mas, nos meses de setembro e outubro (quando as cultivares se encontravam na floração) a precipitação pluviométrica atingiu 491 mm. Deficiência hídrica na fase inicial de desenvolvimento vegetativo em cana-de-açúcar limitou o crescimento, desenvolvimento e produtividade dessa cultura (Abreu, 2009). Elevada precipitação pluviométrica na fase reprodutiva em trigo, implicou na redução do rendimento e qualidade de grãos (Guarienti *et al.*, 2003). A alta precipitação pluviométrica implica em elevada nebulosidade e juntamente com alta umidade relativa, há redução da capacidade de fotossíntese das plantas, redução da translocação de nutriente, ocasionando baixo rendimento de grãos (Reichardt, 1985; Guarienti *et al.*, 2003). Além disso, houve no mês de setembro duas geadas, justamente quando as plantas de aveia estavam em transição da fase vegetativa para a floração, o que pode ter acarretado em danos as plantas. Geadas, durante a floração do trigo, podem causar danos irreversíveis nas espigas (Scheeren *et al.*, 2000).

Os resultados aqui apresentados permitem inferir que o uso do inibidor de AG favorece o manejo de plantas daninhas e tem o potencial de incrementar o rendimento de grãos na cultivar URS Brava.

#### 4.5 CONCLUSÕES

As plantas de aveia são mais competitivas que as de azevém. As plantas de aveia de porte alto apresentam maior habilidade competitiva que as de porte baixo. O uso de inibidor de ácido giberélico em pós-emergência tem efeito em aveia. Inibidor de ácido giberélico favorece o manejo do azevém e permite incrementar o rendimento de grãos de cultivar de porte elevado.

#### 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

AFIFI, M.; SWANTON, C. Early physiological mechanisms of weed competition. **Weed Science**, Lawrence, v. 60, n. 4, p. 542-551, 2012.

ALMEIDA M. L.; MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento de aveia é afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 31, n. 3, p. 393-400, 2001.

ALVAREZ, R. C. F. et al. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.

APHALO, P. J.; BALLARÉ, C.L. On the importance of information acquiring systems in plant-plant interactions. **Functional Ecology**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 5-14, 1995.

ARF, O. et al. de. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n.2, p. 150-158, 2012.

BALBINOT JR. A. A. et al. Velocidade de emergência e crescimento inicial de cultivares de arroz irrigado influenciando a competitividade com as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 305-316, 2001.

BALLARE, C. L. Illuminated behaviour: phytochrome as a key regulator of light foraging and plant anti-herbivore defence. **Plant Cell and Environment**, Malden, v. 32, n. 6, p. 713-725, 2009.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.

BORM, G. E. L.; BERG, W. VAN DEN. Effects of the application rate and time of the growth regulator trinexapac-ethyl in seed crops of *Lolium perenne* L. in relation to spring nitrogen rate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 105, n. 3, p. 182-192, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit)**. [2016]. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 5 de jan. 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **8º levantamento grãos – safra 2013/2014**. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 2 jun. 2014.

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

DIDON, U. Variation between barley cultivars in early response to weed competition. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 188, n. 3, p. 176–184, 2002.

ESTORNINOS JUNIOR., L. E.; GEALY, D. R.; TALBERT, R. E. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 2, p. 401-406, 2002.

FEDERIZZI, L. C.; PACHECO, M.T.; NAVA, I.C. URS Brava – a new oat cultivar with partial resistance to crown rust. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 197-202, 2015.

FLECK, N. G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L.) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 61-67, 1980.

FLECK, N. G. et al. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 97-104, 2003.

FLECK, N. G. et al. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 213-218, 2007.

FRANKLIN, K.A. Shade avoidance. **New Phytologist**, Malden, v. 179, n. 4, p. 930–944, 2008.

GALON, L. et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 771-781, 2011.

GOLDBERG, D. E.; LANDA, K. Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 1013-1030, 1991.

GUARIENTII, E. M. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 500-510, 2003.

HAWERROTH, M. C. et al. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

HAEFELE, S. M. *et al.* Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 39-56, 2004.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing Sorghum as functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, Lawrence, v. 50, n. 4, p. 466-472, 2002.

KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1564–1569, 1994.

KAPPES, C. et al. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4 p. 508-518, 2011.

LEMERLE, D. et al. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, Oxford, v. 52, n. 1, p. 527-548, 2001.

LESKOVSEK, R. et al. Influence of nitrogen and plant density on the growth and seed production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). **Journal of Pest Science**, Concord, v. 85, n. 4, p. 527–539, 2012.

LINDSEY, L. E. et al. Fertilizer and Population Affects Nitrogen Assimilation of Common Lambsquarters (*Chenopodium album*) and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Science**, Lawrence, v. 61, n. 1, p. 131-135, 2013.

- LIU, B. et al. Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. **International Journal Plant Production**, Gorgan, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2010.
- MALIAKAL, S. et al. Effects of red to far-red ratio and density on biomass allocation and gas exchange in *Impatiens capensis*. **International Journal Plant Science**, Chicago, v. 160, n. 4, p. 723-733, 1999.
- MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.
- MOLLA, A.; SHARAIHA, K. Competition and resource utilization in mixed cropping of barley and durum wheat under different moisture stress levels. **The World Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 6, n. 6, p. 713–719, 2010.
- NASCIMENTO, V. et al. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009.
- NUNES, A. L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.
- PANTONE, D. J.; BAKER, J. B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 1, p. 42-47, 1991
- PATRACCHINI, C.; VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) growth as affected by plant density and clipping. **Weed Technology**, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 268-276, 2011.
- PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, 2010.
- PIERIK, R. et al. Interaction between ethylene and gibberellins in phytochrome-mediated shade avoidance responses in Tobacco. **Plant Physiology**, Rockville, v. 136, n. 2, p. 2928–2936, 2004.
- PIERRE, S. S.; SPRINGER, N.M.; MUEHLBAUER, G.J. Density stress has minimal impacts on the barley or maize seedling transcriptome. **Plant Genome**, Madison, v. 4, n. 1, p. 47-54, 2011.
- RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, Lawrence, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.
- RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 1, p. 936-943, 2001.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. (Ed.1). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1985, p. 3-24.

RIGOLI, R.P. *et al.* Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n.1, p.93-100, 2008.

SCHAEDLER, C. E. *et al.* Características morfológicas em plantas de cultivares de aveia como indicadores do potencial competitivo com plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1313-1319, 2009.

SHEKOOFA, A.; EMAM, Y. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. **Journal Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. 10, n. 2, p. 101-108, 2008.

SCHEEREN, P. L. *et al.* **Comunicado técnico: efeito do frio em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 2p.

SILVA, M. R. R. **Regulador de crescimento etil-trinexapac em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

SMITH, H.; HOLMES, M. G. Unction of phytochrome in natural-environment .3. measurement and calculation of phytochrome photo-equilibria. **Photochemistry and Photobiology**, Hoboken, v. 25, n. 6, p. 547-550, 1977.

SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

VIDAL, R. A. *et al.* Initialism: a new term to describe the first mechanism of negative interaction between weeds and crops. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 21, n. 1, p. 595-598, 2008.

VIDAL, R. A. *et al.* Initialism as a mechanism of weed interference: can a crop plant beblinded? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 469-475, 2012.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.

WANIC, M. *et al.* Competition between spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under different water supply conditions. **Acta Agrobotanica**, Warszawa, v. 66, n. 3, p. 73-80, 2013.

WICKS, G.A. *et al.* Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 4, p. 988-998, 2004.

WOLDEAMLAK, A.; BASTIAANS, L.; STRUIK, P.C. Competition and niche differentiation in barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*) mixtures under rainfed conditions in the Central Highlands of Eritrea. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 49, n. 1, p. 95-112, 2001.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR<sup>-1</sup>. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.1, p. 25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interferência de plantas daninhas é um dos principais fatores causadores da redução na produção de grãos no mundo (Oerke, 2006). Em cultivos chamados de culturas órfãs, ou “minor crops”, há poucos estudos sobre o manejo de plantas daninhas (Fennimore, 2008). Culturas como o feijão e a aveia, que apesar de serem consideradas culturas órfãs, destacam-se pela importância, seja por serem consideradas essenciais a alimentação humana ou por estarem em ampla expansão nos últimos anos (CONAB, 2015; Machado *et al.*, 2015). A cultura do feijão possui um limitado número de herbicidas pós-emergentes utilizados no controle de eudicotiledôneas e, para obter um bom controle de plantas daninhas e evitar a resistência, é necessário que novos herbicidas sejam recomendados para a cultura (Soltani *et al.*, 2007; Diesel *et al.*, 2014). Na cultura da aveia, por ser pouco usado o manejo cultural no controle de daninhas, técnicas que aumentem a habilidade competitiva dessas plantas, como o uso de regulador de fitohormônios pode ser uma alternativa eficaz no manejo de plantas infestantes (Schaedler *et al.*, 2009; Vidal *et al.*, 2012). Além disso, estudos que possam potencializar a eficácia de herbicidas são alternativas complementares no manejo de plantas daninhas.

No capítulo 2 deste trabalho, se evidenciou que o uso do herbicida tembotrione em feijão na cultivar IAC Imperador é dependente da dose. Esse fato

se constatou tanto no experimento a campo como em casa de vegetação. Entre as variáveis que melhor demonstraram este efeito foram a tolerância, sobrevivência de plantas, MPAS e queda do rendimento (Figuras 2.1 e 2.7, 2.3, 2.10, 2.5, respectivamente). Se constatou no experimento de campo que o tembotrione causou fitointoxicação no feijoeiro e, dependendo da dose, acarretou na morte de plantas. Porém, principalmente nas doses baixas de tembotrione, as plantas conseguiram se recuperar, não havendo queda do rendimento do feijoeiro (Figura 2.5). Esses dados contrastam com o experimento em casa de vegetação, onde houve diminuição da MPAS mesmo nas menores doses (Figura 2.10). Porém, esse fato deve-se provavelmente ao curto período desde a aplicação até a avaliação da MPAS, onde as plantas ainda estavam recuperando-se dos efeitos fitotóxicos do herbicida. Outro fato a ser destacado neste estudo é de que, apesar das baixas doses do herbicida tembotrione, estas demonstraram controle em torno de 70% de algumas plantas daninhas, principalmente as eudicotiledôneas (como *Bidens pilosa*, *Ipomeae* sp. e *Amaranthus* sp.). Na tentativa de aumentar a seletividade de tembotrione ao feijão, utilizou-se o protetor anidrido naftálico, porém o mesmo não demonstrou efeitos positivos. Estudos posteriores devem ser realizados avaliando a seletividade de tembotrione em outras cultivares de feijão e até em outras épocas de aplicação. O possível uso de tembotrione deve ser atrelado aos critérios do dano das daninhas causados ao feijoeiro, o qual deve ser maior que o dano do herbicida a cultura, de forma que a aplicação seja rentável economicamente e lembrando que este herbicida vem para complementar o manejo de plantas daninhas no feijão.

Os efeitos da densidade de plantas na eficácia de herbicidas foi averiguada no capítulo 3. Foi apurado, primeiramente, que as plantas sofrem diversas modificações morfológicas com o aumento da densidade, sendo verificado tanto

em plantas eudicotiledôneas como nas monocotiledôneas. Entre as principais modificações constatadas foram nas variáveis diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea, folhas e raiz (Figuras 3.1 e 3.5) na espécie magnoliopsida e as variáveis perfilho, MPAS e MRS (Figuras 3.8 e 3.9) na espécie liliopsida. No estudo entre densidade e eficácia de herbicidas se averiguou contrastes. Nos experimentos de campo e de casa de vegetação usando o azevém a eficácia de herbicidas foi dependente da densidade. Esse fato pode ser averiguado principalmente nas variáveis tolerância e MPAS (Figuras 3.16, 3.20, 3.24, 3.28; 3.19, 3.23, 3.27 e 3.30, respectivamente). Nos experimentos de casa de vegetação se constatou que as plantas aspergidas com glyphosate e com desbaste após a aplicação foram as que obtiveram o maior  $D_{50}$  para a variável MPAS (Tabela 3.4). Isso pode ser devido ao fato do efeito “guarda-chuva”, onde algumas plantas receberam mais herbicida que outras. A nível de campo, as maiores densidades seja desbastadas antes da aplicação ou desbastadas após a aplicação obtiveram  $D_{50}$  (na variável MPAS) superior a baixa densidade (Tabelas 3.5, 3.6 e 3.5), demonstrando que a densidade influenciou na eficácia do herbicida. Contrastando com os resultados, no ensaio com a espécie magnoliopsida o aumento da densidade não influenciou na eficácia do herbicida ethoxysulfuron.

Fator que também influenciou a eficácia de glyphosate em azevém foi a época da aspersão a campo. A aspersão aos 28 DAE foram mais eficientes que as aspergidas aos 51 DAE, ou seja, o  $D_{50}$  para a variável MPAS foi maior em todas as densidades testadas aos 51 DAE quando comparado aos 28 DAE (Tabela 3.5 e 3.6). A aplicação sequencial não demonstrou efeito superior a aspersão única. Esses estudos permitem afirmar que a densidade de plantas é um fator importante a ser considerado no momento da escolha da dose ou de um

herbicida, pois a mesma pode afetar a eficácia do produto utilizada. Outro ponto é de que os efeitos causados pela densidade de plantas pode ser dependente da espécie de planta e da época de aplicação do herbicida.

No capítulo 4 deste trabalho verificou-se que as plantas de aveia são mais competitivas que as plantas de azevém. Isso foi averiguado nos experimentos de série de substituição (Figuras 4.5 e 4.6). Porém, apesar da aveia ser mais competitiva, dependendo da densidade do azevém há prejuízos no desenvolvimento e no rendimento de grãos da cultura. Entre as variáveis que melhor demonstraram o efeito estão a MPAS e o rendimento de grãos de plantas de aveia das cultivares URS Taura e URS Brava (Figuras 4.9; 4.10 e 4.13, respectivamente). Outro fator que influenciou a competitividade da aveia foi o porte da cultivar. A cultivar de porte alto, URS Brava, demonstrou possuir maior habilidade competitiva que a URS Taura, quando em competição com azevém. Esta condição pode ser vista na variável MPAS, tanto em casa de vegetação quanto a campo (Figuras 4.6, 4.9 e 4.12). Esse fator foi devido provavelmente ao maior crescimento inicial e maior estatura da URS Brava em relação a URS Taura.

Quanto ao inibidor de giberelina, primeiramente se buscou verificar qual molécula (cloreto de mepiquat e trinexapac-etil) e modo de aplicação (tratamento de sementes ou pós-emergência) era mais eficiente em diversas densidades de plantas de aveia. Se constatou que a molécula do trinexapac-etil no tratamento em pós-emergência foi mais eficiente na cultura. O uso de inibidor de ácido giberélico na cultura permitiu o aumento da habilidade competitiva de plantas de aveia das cultivares URS Taura e URS Brava (Figuras 4.6, 4.9 e 4.12) quando estas estão em competição com azevém. O uso de inibidor de AG na cultivar URS Brava acarretou no aumento do rendimento de grãos de aveia quando estas estão

em competição com azevém. Entre outros fatores, o efeito do uso de inibidor de AG deve-se a diminuição dos efeitos causado pelo inicialismo, melhorando a distribuição dos fotoassimilados entre parte aérea e parte radicular, melhorando a arquitetura da planta e também pela diminuição do acamamento. O aumento do rendimento de grãos na cultivar URS Brava, pode ser devido ao menor acamamento desta, já que estas plantas são de porte alto. Cabe salientar que, apesar dos resultados obtidos, o rendimento de aveia ficou aquém do potencial produtivo desta. Provavelmente, isso se deve ao inverno atípico nesta safra de 2015, onde as temperaturas foram superiores aos outros anos e houve ocorrência de geadas, além da má distribuição de chuva no decorrer do ciclo da cultura (INMET, 2015).

Os estudos do capítulo 4 permitiram averiguar que a cultivar pode influenciar no manejo de plantas daninhas e que o uso de inibidor de AG é uma ferramenta que pode ser complementar no manejo de plantas daninhas, acarretando até mesmo no aumento do rendimento de grãos. Estudos posteriores devem ser realizados buscando o uso de inibidor de AG em outras cultivares de aveia e em outras condições climáticas, permitindo averiguar em que situações é possível maximizar o efeito do trinexapac-etil.

As informações obtidas neste trabalho são de grande importância para o manejo de plantas daninhas em culturas órfãs. Estes trabalhos buscaram trazer alternativas, diversificação e maximização no manejo de plantas daninhas.

## 5.1 Referências bibliográficas

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: sexto levantamento. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

DIESEL, F. et al. Tolerance of dry bean cultivars to saflufenacil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n.4, p.352-360, 2014.

FENNIMORE, S.A. Introduction: the challenges of minor crop weed control, future directions. **Weed Technology**, Lawrence, v. 22, n.2, p.363-363, 2008.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP: dados históricos**. Brasília: INMET, 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 02jan. 2016.

MACHADO, A. et al. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n.1, p.41-48, 2015.

OERKE, E.C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 144, n.1, p.31-43, 2006.

SCHAEDLER, C.E. et al. Características morfológicas em plantas de cultivares de aveia como indicadoras do potencial competitivo com plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.5, P.1313-1319, 2009.

SOLTANI, N. et al. Weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) with dimethanamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n.5, p.739-745, 2007.

VIDAL, R.A. et al. Initialism as a mechanism of weed interference: can a crop plant be blinded? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n.3, p.469-475, 2012.

## 6 APÊNDICES

APÊNDICE 2.1 Resumo das análises de variância da tolerância de plantas avaliado aos 4, 9, 21 e 28 DAA (TOL), após a aplicação de tembotrione na cultivar de feijão IAC Imperador (tópico 2.3.1). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios				
		TOL 4 DAA	TOL 9 DAA	TOL 14 DAA	TOL 21 DAA	TOL 28 DAA
DOSES (D)	7	40,36***	1233,92***	2619,64***	4925,00***	4991,07***
Blocos	3	463,28***	2,08 <sup>ns</sup>	33,33 <sup>ns</sup>	10,41 <sup>ns</sup>	58,33 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	8,81	28,27	38,09	13,39	82,14
Total	31	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 2.2 Resumo das análises de variância do número de folhas avaliado aos 14, 21 e 28 DAA (NF), após a aplicação de tembotrione na cultivar de feijão IAC Imperador (tópico 2.3.1). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios		
		NF 14 DAA	NF 21 DAA	NF 28 DAA
DOSES (D)	7	5,46***	18,81***	33,84***
Blocos	3	0,11 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	0,16	0,19	0,17
Total	31	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 2.3 Resumo das análises de variância da sobrevivência de plantas (SOB), controle de plantas eudicotiledôneas (CONT DICO) e monocotiledôneas (CONT MONO) e queda do rendimento (QD) em plantas de feijão da cultivar IAC Imperador após a aplicação de tembotrione (tópico 2.3.1). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2014(15).

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios			
		SOB	CONT DICO	CONT MONO	QD
DOSES (D)	7	269,49***	351,68***	848,21***	8436062,72***
Blocos	3	6,11 <sup>ns</sup>	96,79 <sup>ns</sup>	212,50 <sup>ns</sup>	198710,31 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	8,58	90,44	122,02	109051,48
Total	31	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 2.4 Resumo das análises de variância da tolerância avaliado aos 7, 14 e 21 DAA (TOL) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência (tópico 2.3.2). LAFOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios		
		TOL 7 DAA	TOL 14 DAA	TOL21 DAA
PROT (P)	1	1800,59***	372,02*	535,71**
DOSES (D)	6	3959,32***	5294,04***	4538,49***
PxD	6	231,15*	109,52 <sup>ns</sup>	88,49 <sup>ns</sup>
Tratamento	13	2072,57***	2522,57**	2176,73***
Resíduo	28	98,8	138,09	121,42
Total	41	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 2.5 Resumo das análises de variância da estatura avaliado aos 4, 9, 21 e 28 DAA (EST), número de folhas (NF) e massa da parte aérea seca (MPAS) de plantas de feijão da cultivar IAC Imperador sob duas condições de protetor (com e sem anidrido naftálico) em função das doses do herbicida Tembotrione aplicado em pós-emergência (tópico 2.3.2). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

		Quadrados médios				
		EST 7	EST 14	EST 21		
C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	DAA	DAA	DAA	NF	MPAS
PROT (P)	1	7,29 <sup>ns</sup>	12,05*	25,61*	0,09 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
DOSES (D)	6	91,09***	172,92***	293,26***	6,53***	1,26***
PxD	6	17,49 <sup>ns</sup>	12,41***	16,95**	0,42**	0,08*
Tratamento	13	50,67**	86,46***	145,15***	3,22***	0,62***
Resíduo	28	11,07	3,51	7,51	0,16	0,03
Total	41	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 3.1 Resumo das análises de variância do diâmetro do colmo (DC) e comprimento do entrenó (CE) avaliados aos 14, 21 e 28 DAE de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso (tópico 3.3.1). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.

		Quadrados médios					
		DC 14	DC 21	DC 28	CE 14	CE 21	CE 28
C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	DAE	DAE	DAE	DAE	DAE	DAE
Densidade (D)	5	0,12 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	1,26***	0,97***	0,22 <sup>ns</sup>	0,43*
Resíduo	30	0,11	0,2	0,22	0,19	0,13	0,18
Total	35	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 3.2 Resumo das análises de variância do número de folhas avaliado aos 14, 21 e 28 DAE (NF), massa da parte aérea seca (MPAS), massa de folhas seca (MFS) e massa de raiz seca (MRS) de plantas de soja em função da densidade de plantas por vaso (tópico 3.3.1). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios					
		NF 14	NF 21	NF 28	MPAS	MFS	MRS
		DAE	DAE	DAE			
Densidade (D)	5	0,17 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	5,23 <sup>***</sup>	0,39 <sup>***</sup>	0,11 <sup>***</sup>	0,19 <sup>***</sup>
Resíduo	30	0,1	0,14	0,51	0,07	0,02	0,04
Total	35	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 3.3 Resumo das análises de variância da estatura (EST) e número de folhas (NF) avaliados aos 14, 21 e 28 DAE de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso (tópico 3.3.1). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios					
		EST 14	EST 21	EST 28	NF 14	NF 21	NF 28
		DAE	DAE	DAE	DAE	DAE	DAE
Densidade (D)	8	15,44 <sup>***</sup>	36,85 <sup>***</sup>	63,59 <sup>***</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	23,37 <sup>***</sup>
Resíduo	54	4,09	7,52	7,24	0,99	1,02	4,5
Total	62	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 3.4 Resumo das análises de variância do número de perfilhos avaliado aos 14, 21 e 28 DAE (PE), massa da parte aérea seca (MPAS) e massa de raiz seca (MRS) de plantas de azevém em função da densidade de plantas por vaso (tópico 3.3.1). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios				
		PE 14	PE 21	PE 28	MPAS	MRS
		DAE	DAE	DAE		
Densidade (D)	8	0,56 <sup>**</sup>	0,65 <sup>*</sup>	52,31 <sup>***</sup>	0,24 <sup>***</sup>	0,07 <sup>***</sup>
Resíduo	54	0,2	0,36	2,84	0,01	0,01
Total	62	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 10% de probabilidade (P<0,10) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,10).

APÊNDICE 3.5 Resumo das análises de variância de tolerância (TOL) e diâmetro do colmo (DC) avaliados aos 14, 21 e 28 DAA de plantas de soja em três situações de densidade e em função das doses ethoxysulfuron (tópico 3.3.2). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios					
		TOL 14	TOL 21	TOL 28	DC 14	DC 21	DC 28
		DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA
DENS (DS)	2	1636,11***	5119,44***	4231,34***	0,26 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
DOSES (D)	6	6502,24***	7572,08***	8662,03***	2,95***	3,03***	3,40***
DSxD	12	1638,88*	515,74***	732,27***	0,21 <sup>ns</sup>	0,49*	0,35**
Tratamento	20	2196,23***	3093,01***	3461,11***	1,04***	1,20***	1,24***
Resíduo	42	80,55	142,85	204,36	0,26	0,27	0,16
Total	62	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.6 Resumo das análises de variância de comprimento de entrenós (CE) e número de folhas (NF) avaliados aos 14, 21 e 28 DAA, massa da parte aérea seca (MPAS), massa de folhas secas e massa de raiz seca (MRS) de plantas de soja em três situações de densidade e em função das doses ethoxysulfuron (tópico 3.3.2). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios								
		CE 14	CE 21	CE 28	NF 14	NF 21	NF 28	MPAS	MFS	MRS
		DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA
DENS (DS)	2	2,58**	13,47***	12,73***	5,34***	3,04***	3,92***	0,10***	0,04*	0,00 <sup>ns</sup>
DOSES (D)	6	0,50 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,41***	3,12***	12,52***	10,03***	2,57***	0,79***	0,09***
DSxD	12	0,54 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,36**	0,46 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,67*	0,03*	0,03***	0,00 <sup>ns</sup>
Tratamento	20	0,73 <sup>ns</sup>	1,83**	1,91***	1,74***	2,57***	3,81***	0,80***	0,26***	0,03***
Resíduo	42	0,63	0,83	0,16	0,58	0,55	0,42	0,01	0,01	0
Total	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.7 Resumo das análises de variância de tolerância (TOL) e número de folhas (NF) avaliados aos 14, 21 e 28 DAA de plantas azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate (tópico 3.3.2). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios					
		TOL 14	TOL 21	TOL 28	NF 14	NF 21	NF 28
		DAA	DAA	DAA	DAA	DAA	DAA
DENS (DS)	2	1996,42***	2886,90***	3644,94***	201,37***	388,45***	426,58**
DOSES (D)	6	11444,44***	16414,38***	17705,85***	677,22***	1306,37***	2154,44***
DSxD	12	309,62 <sup>ns</sup>	751,14***	1121,32***	137,61***	265,45***	373,29***
Tratamento	20	3818,75***	5663,69***	6349,04***	305,87***	590,02***	912,96***
Resíduo	63	254,26	238,09	325,79	34,87	67,27	91,42
Total	83	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.8 Resumo das análises de variância do número de perfilhos (PE) avaliados aos 14, 21 e 28 DAA, massa da parte aérea seca (MPAS) e massa de raiz seca (MRS) de plantas azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate (tópico 3.3.2). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios				
		PE 14	PE 21	PE 28	MPAS	MRS
		DAA	DAA	DAA		
DENS (DS)	2	120,03***	129,08**	91,58*	0,58***	0,03 <sup>ns</sup>
DOSES (D)	6	14,18***	688,69***	404,91***	8,23***	0,24**
DSxD	12	1,75 <sup>ns</sup>	52,12*	48,83*	0,55***	0,16*
Tratamento	20	17,31***	250,79***	159,39***	2,85***	0,17**
Resíduo	63	1,77	30,12	32,08	0,04	0,08
Total	83	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.9 Resumo das análises de variância da tolerância (TOL) avaliados aos 10, 17 e 23 DAA, número de folhas (NF), estatura (EST), número de perfilhos (PE) e massa da parte aérea seca (MPAS) de plantas de azevém em quatro situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 DAE (tópico 3.3.3). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios						
		TOL 10	TOL 17	TOL 23	NF	EST	PE	MPAS
		DAA	DAA	DAA				
DOSES (D)	6	19120,28***	23726,75***	19961,25***	205,30***	26,17 <sup>ns</sup>	39,54***	0,10***
DENS (DS)	3	750,13***	1406,00***	2066,12***	173,24**	78,34***	37,40***	0,04***
DXDS	18	115,13 <sup>ns</sup>	183,81*	273,60**	45,03*	19,80**	5,93 <sup>ns</sup>	0,01**
Parcelas	27	-	-	-	-	-	-	-
Blocos	3	1709,78***	658,01 <sup>ns</sup>	430,66*	79,00*	17,82 <sup>ns</sup>	12,28 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo-a	18	272,59	359,60	237,76	36,53	17,77	6,45	0,00
Resíduo-b	63	147,28	122,02	131,74	34,51	9,92	7,97	0,00
Total	111	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.10 Resumo das análises de variância da tolerância (TOL) avaliados aos 9, 18 e 28 DAA, número de folhas (NF), estatura (EST), número de perfilhos (PE) e massa da parte aérea seca (MPAS) de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 51 DAE (tópico 3.3.3). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios						
		TOL 9	TOL 18	TOL 28	NF	EST	PE	MPAS
		DAA	DAA	DAA				
DOSES (D)	6	9063,61***	13316,98***	12079,41***	34,61*	377,82***	10,95*	0,74***
DENS (DS)	2	1044,94***	1189,58***	1206,25***	139,35***	49,70**	47,61***	4,55***
DXDS	12	100,66**	78,81***	122,04***	52,06***	23,01*	5,83*	0,19**
Parcelas	27	-	-	-	-	-	-	-
Blocos	3	390,27 <sup>ns</sup>	97,32 <sup>ns</sup>	1760,41**	54,38**	62,51**	13,62**	0,02 <sup>ns</sup>
Resíduo-a	18	288,02	255,94	537,69	17,11	18,82	4,3	0,10
Resíduo-b	42	38,93	22,42	42,8	12,34	15,03	3,23	0,08
Total	83	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 3.11 Resumo das análises de variância da tolerância (TOL) avaliados aos 9, 18 e 28 DAA, número de folhas (NF), estatura (EST), número de perfilhos (PE) e massa da parte aérea seca (MPAS) de plantas de azevém em três situações de densidade e em função das doses de glyphosate aspergido aos 28 e 51 DAE (tópico 3.3.3). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios						
		TOL			NF	EST	PE	MPAS
		9	18	28				
DAA	DAA	DAA						
DOSES (D)	6	13033,28***	9661,95***	7855,50***	25,09 <sup>ns</sup>	733,05***	7,39 <sup>ns</sup>	1,25*
DENS (DS)	2	6903,86***	5922,61***	1953,34***	146,08***	281,18**	30,08**	0,26 <sup>ns</sup>
DXDS	12	830,60***	892,23***	593,97***	52,22*	180,87***	14,36**	0,77*
Parcelas	27	-	-	-	-	-	-	-
Blocos	3	1360,51**	937,69*	1962,77**	30,28 <sup>ns</sup>	334,75**	14,66 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
Resíduo-a	18	314,33	322,3	546,97	45,32	74,81	8,01	0,57
Resíduo-b	42	94,44	233,28	184,2	28,05	67,66	6,21	0,40
Total	83	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 4.1 Resumo das análises de variância da estatura (EST), número de perfilhos (PE), número de folhas (NF) e massa da parte aérea seca (MPAS) de plantas de aveia cv. URS Taura com o uso de diferentes inibidores de giberelina (tópico 4.3.1). LAFLOR/UFRGS, Porto Alegre (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios			
		EST	PE	NF	MPAS
DENS (DS)	3	44,87*	11,72***	29,20***	0,01***
TRAT IG (T)	4	134,43***	1,09**	0,78 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
DSxT	12	35,90*	0,63*	0,96*	0,02***
Tratamento	19	58,06*	2,47***	5,38***	0,01***
Resíduo	60	24,01	0,37	0,57	0,00
Total	79	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 15% de probabilidade (P<0,15) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,15).

APÊNDICE 4.2 Resumo das análises de variância da estatura (EST) avaliada aos 30 e 63 DAA, número de folhas (NF), número de colmos (NC), comprimento de entrenós (CE), massa da parte aérea seca (MPAS) e rendimento de grãos de plantas de aveia da cv. URS Taura sob efeito do uso de inibidor de giberelina e diferentes densidades de azevém (tópico 4.3.2). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios						
		EST 30	EST 63	NF	NC	CE	MPAS	KG
		DAA	DAA					
INIB AG (IG)	1	11,16**	0,07 <sup>ns</sup>	0,54*	1,61 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	6,56 <sup>ns</sup>	127843,79**
DENS (D)	6	4,39*	12,39 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	9,96 <sup>ns</sup>	1,20*	2,93 <sup>ns</sup>	61438,39**
IGXD	6	3,23*	1,65*	0,24*	9,44 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	14,96*	21821,99 <sup>ns</sup>
Tratamento	13	4,37*	6,49*	0,24*	9,08 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	8,76 <sup>ns</sup>	48262,01*
Blocos	3	4,83*	11,08*	0,02 <sup>ns</sup>	310,43***	0,37*	6,17 <sup>ns</sup>	114890,21***
Resíduo	39	2,12	20,87	0,15	18,7	0,43	9,73	26019,59
Total	55	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 20% de probabilidade (P<0,20) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,20).

APÊNDICE 4.3 Resumo das análises de variância da estatura (EST) avaliada aos 30 e 63 DAA, número de folhas (NF), número de colmos (NC), comprimento de entrenós (CE), massa da parte aérea seca (MPAS) e rendimento de grãos de plantas de aveia da cv. URS Brava sob efeito do uso de inibidor de giberelina e diferentes densidades de azevém (tópico 4.3.2). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2015.

C.V. <sup>a</sup>	G.L. <sup>b</sup>	Quadrados médios						
		EST 30	EST 63	NF	NC	CE	MPAS	KG
		DAA	DAA					
INIB AG (IG)	1	19,12**	116,72**	0,00 <sup>ns</sup>	57,34*	1,67 <sup>ns</sup>	28,27***	107096,86**
DENS (D)	6	2,15 <sup>ns</sup>	24,13 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	6,19 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	17,61***	20345,11 <sup>ns</sup>
IGXD	6	4,40*	52,18*	0,16 <sup>ns</sup>	24,53 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	6,06**	35345,99*
Tratamento	13	4,49*	44,20*	0,13 <sup>ns</sup>	18,59 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	13,10***	33941,80*
Blocos	3	9,82**	121,24*	2,55***	64,13*	6,21***	3,59*	29539,51 <sup>ns</sup>
Resíduo	39	2,88	22,51	0,29	28,89	1,17	2,18	19574,47
Total	55	-	-	-	-	-	-	-

a Causas de Variação.

b Graus de liberdade das causas de variação da análise de variância (G.L.)

\*\*\*significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*\*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); \*significativo a 20% de probabilidade (P<0,20) pelo teste F. <sup>ns</sup> indica não significativo (P>0,20).

## 7 VITA

Marcus Vinícius Fipke, filho de João Ironi Fipke e Vera Regina Fipke, nasceu em 15 de dezembro de 1990, em Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil. Concluiu o Ensino Médio na Escola Estadual Técnica Fronteira Noroeste em Santa Rosa, RS. Em 2009 ingressou na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas. Entre os anos de 2009 e 2010 desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica na Embrapa Clima Temperado sob orientação dos Dr. André Andres e Giovani Theisen, nas áreas de pesquisa em manejo racional em uso de água, controle de plantas daninhas em arroz irrigado, área de sistemas de produção e práticas culturais. No período de 2010 a 2012 desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica na Embrapa Clima Temperado sob orientação dos Dr. Giovani Theisen e Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, nas áreas de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o RS e manejo de plantas daninhas em áreas de várzea. De 2012 a 2014 estagiou na Embrapa Clima Temperado sob orientação da Dra. Ana Paula Schneid Afonso Da Rosa, na área de controle de pragas e uso racional de inseticidas. Graduou-se Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2014. Em março de 2014, ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do Professor Ribas Antonio Vidal.