

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

ANÁLISE DA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA IODOSULFURON-METHYL E
SEUS MECANISMOS EM GENÓTIPOS DE AVEIA INFLUENCIADA POR FATORES
AMBIENTAIS

Andrew Rerison Silva de Queiroz
Engenheiro Agrônomo / UFAM

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

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

QUEIROZ, ANDREW RERISON SILVA
ANÁLISE DA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA
IODOSULFURONMETHYL E SEUS MECANISMOS EM GENÓTIPOS DE
AVEIA INFLUENCIADA POR FATORES AMBIENTAIS / ANDREW
RERISON SILVA QUEIROZ. -- 2015.
168 f.

Orientador: RIBAS ANTONIO VIDAL.
Coorientador: ITAMAR CRISTIANO NAVA.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2015.

1. HERBOLOGIA. 2. INIBIDORES DA ALS. 3. CULTURA
DA AVEIA. 4. EFEITO DA TEMPERATURA. 5. MECANISMOS DE
TOLERÂNCIA. I. VIDAL, RIBAS ANTONIO , orient. II.
NAVA, ITAMAR CRISTIANO, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDREW RERISON SILVA DE QUEIROZ
Engenheiro Agrônomo - UFAM

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: 27.02.2015
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 23.04.2015
Por

RIBAS ANTONIO VIDAL
Orientador - PPG Fitotecnia

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

ITAMAR CRISTIANO NAVA
Coorientador - PPG Fitotecnia

ALDO MEROTTO JUNIOR
PPG Fitotecnia/UFRGS

MIGUEL DALL'AGNOL
PPG Zootecnia/UFRGS

NELSON DIEHL KRUSE
UFSM

PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICATÓRIA

Aos meus irmãos e ao meu pai,
Sebastião Pinho de Queiroz (*in
memoriam*), pelo apoio e ensinamentos
ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida.

Ao Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal, pela orientação, amizade e conhecimentos repassados, imprescindíveis para minha formação pessoal e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao professor Itamar Cristiano Nava, pela coorientação, apoio na realização dos experimentos e amizade.

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

Aos professores do PPG-Fitotecnia Aldo Merotto Jr. e Carla A. Delatorre, pelos ensinamentos.

A M. Sc Elouize Xavier e a professora Marisa Cásia de Oliveira da UFTPR, pelo auxílio na análise da atividade da enzima ALS de aveia.

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

Aos meus irmãos, Hesse, Kelly, Kellyane e Marcelle, pelo apoio.

Ao colega de mestrado Marcus Fipke, pelo auxílio na condução dos experimentos.

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

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

ANÁLISE DA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA IODOSULFURON-METHYL E SEUS MECANISMOS EM GENÓTIPOS DE AVEIA INFLUENCIADA POR FATORES AMBIENTAIS¹

Autor: Andrew Rerison Silva de Queiroz
Orientador: Ribas Antonio Vidal
Coorientador: Itamar Cristiano Nava

RESUMO

A *Avena sativa* L. (aveia branca) é um dos cereais de inverno produzidos no Rio Grande do Sul com maior variabilidade de usos na agricultura. As plantas daninhas destacam-se como um dos principais limitantes aos elevados rendimento de grãos na cultura da aveia. No mundo existem poucos herbicidas registrados para o controle de daninhas nessa cultura. Os objetivos deste trabalho foram: caracterizar a tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia utilizados no Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS; avaliar a tolerância de plantas de aveia aos diferentes grupos químicos dos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS); identificar condições ambientais que favorecem a seletividade do herbicida à cultura e elucidar o mecanismo de tolerância de aveia ao produto. A caracterização da tolerância ao iodosulfuron-methyl em 20 genótipos de aveia, sob condições de casa de vegetação, indicou reduzida sensibilidade ao herbicida nos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guapa e UFRGS 017004-2, até a dose de 10 g ha⁻¹. Experimento em campo conduzido em 2013 demonstrou que iodosulfuron-methyl na dose de 5 g ha⁻¹ afetou o rendimento de grãos dos genótipos URS Guará e URS Guria, mas não afetou o rendimento de grãos do genótipo UFRGS 14. Em contraste, no experimento de 2014, o rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia, incluindo URS Guará, URS Guria e UFRGS 14, foi prejudicado pelo iodosulfuron-methyl, mesmo na dose de apenas 2,5 g ha⁻¹. O impacto das condições ambientais na seletividade de iodosulfuron-methyl foi independente do horário de aspersão (10:00, 13:00 e 16:00 horas) ou do genótipo (URS Guará e URS Guria). Em experimento de casa de vegetação, a dose de iodosulfuron-methyl necessária para promover 50% de injúria nas plantas de aveia incrementou-se proporcionalmente à temperatura do ar (entre 10 e 32 °C) na semana posterior à aplicação. Experimentos conduzidos em casa de vegetação não indicaram tolerância cruzada aos herbicidas imazethapyr, nicosulfuron e bispyribac-sodium nos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18, mas eles foram menos sensíveis ao penoxsulam. A atividade da enzima ALS, extraída de plantas de aveia, foi sensível ao iodosulfuron-methyl. O incremento do efeito do herbicida em plantas de aveia tratadas com inibidores de enzimas de detoxificação (malathion+chlorpyrifos) do iodosulfuron-methyl, ou a redução da eficácia do mesmo em plantas aspergidas com estimulador de detoxificação (mefenpyr-diethyl), sugerem que a degradação do herbicida é o mecanismo envolvido na sua seletividade em plantas de aveia.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (168p.) Fevereiro, 2015.

ANALYSIS OF TOLERANCE TO THE HERBICIDE IODOSULFURON-METHYL AND ITS MECHANISMS IN OAT GENOTYPES INFLUENCED BY ENVIRONMENTAL FACTORS²

Author: Andrew Rerison Silva de Queiroz

Advisor: Ribas Antonio Vidal

Co-advisor: Itamar Cristiano Nava

ABSTRACT

Avena sativa L. (white oat) is one of the small grain cereals produced in the Rio Grande do Sul state with the greatest range of uses in agriculture. Weeds are among the main constraints to high grain yield on the oat crop. In the world there are few herbicides registered for weed control in this crop. The objectives of this study were: to characterize the tolerance to iodosulfuron-methyl herbicide in oat genotypes used in the Oats Breeding Program from UFRGS; to evaluate the tolerance of oat plants to different chemical groups of enzyme acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides; to identify the environmental conditions that promote the selectivity of the herbicide to the crop; and to elucidate the mechanism of tolerance to the product on oat plants. The characterization of iodosulfuron-methyl tolerance in 20 oat genotypes, under greenhouse conditions, have indicated reduced sensitivity to the herbicide in the genotypes UFRGS 14, URS Guara, URS Guapa and UFRGS 017004-2, up to 10 g ha⁻¹ of iodosulfuron-methyl. Field experiment conducted in 2013 have demonstrated that iodosulfuron-methyl, at 5 g ha⁻¹, affected the oat grain yield on the genotypes URS Guara and URS Guria, but did not affect it on the genotype UFRGS 14. In contrast, in 2014, the oat grain yield of five genotypes, including URS Guara, URS Guria and UFRGS 14, have been reduced by iodosulfuron-methyl even at only 2.5 g ha⁻¹. The impact of the environmental conditions on iodosulfuron-methyl selectivity to the oat crop was independent on the herbicide spray time (10:00, 13:00 and 16:00h) or of genotypes (URS Guara and URS Guria). In a greenhouse experiment, the iodosulfuron-methyl rate to promote 50% of injury to oat plants increased proportionally to the air temperature (between 10 and 32 ° C) during the week after application. Experiments conducted in the greenhouse indicated no cross-tolerance to imazethapyr, nicosulfuron e bispyribac-sodium on plants of the genotype UFRGS 14, URS Guara, URS Guria and UFRGS 18, but they were less sensitive to penoxsulam. The activity of the ALS enzyme, extracted from oat plants, was sensitive to iodosulfuron-methyl. The increment of the herbicide effect on oat plants treated with inhibitors of the detoxification enzymes (malathion + chlorpyrifos), or the increment of the herbicide efficacy in plants sprayed with the stimulator of detoxification (mefenpyr-diethyl), suggest that iodosulfuron-methyl degradation is the mechanism involved on its selectivity on oat plants.

² Dissertaao de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (168p.) Fevereiro, 2015.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Organização da dissertação	4
1.2 Hipóteses avaliadas	5
1.3 Referências bibliográficas	6
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA IODOSULFURON-METHYL EM GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA (<i>Avena sativa</i> L.)	9
RESUMO	9
ABSTRACT	10
2.1 INTRODUÇÃO	11
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.2.1 Primeiro experimento.....	12
2.2.2 Segundo experimento.....	14
2.2.3 Análise estatística.....	15
2.3 RESULTADOS.....	16
2.3.1 Experimento 1	16
2.3.2 Experimento 2.....	23
2.4 DISCUSSÃO.....	40
2.5 CONCLUSÕES.....	44
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DE IODOSULFURON- METHYL AOS GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA (<i>Avena</i> <i>sativa</i> L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO	47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
3.1 INTRODUÇÃO	49
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.2.1 Experimentos realizados em 2012	51
3.2.2 Experimento realizado em 2013	55
3.2.3 Experimentos realizados em 2014	57
3.2.4 Impacto da temperatura na seletividade inicial de iodosulfuron-methyl para plantas de aveia.....	59
3.2.5 Análise estatística.....	61

	Página
3.3 RESULTADOS.....	61
3.3.1 Experimento 1 realizado em 2012	61
3.3.1.2 Experimento 2 realizado em 2012	70
3.3.2 Experimento realizado em 2013	71
3.3.3 Experimento 1 realizado em 2014	83
3.3.4 Impacto da temperatura na seletividade inicial de iodosulfuron-methyl para plantas de aveia.....	87
3.4 DISCUSSÃO.....	95
3.5 CONCLUSÕES.....	101
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
CAPÍTULO 4 - ESTUDO DO MECANISMO DE TOLERÂNCIA AO IODOSULFURON-METHYL EM GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA	104
RESUMO	104
ABSTRACT	105
4.1 INTRODUÇÃO	106
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	108
4.2.1 Caracterização da tolerância de genótipos de aveia branca (<i>Avena sativa</i> L.) a quatro grupos químicos dos inibidores da ALS	109
4.2.2 Sensibilidade da enzima ALS ao herbicida iodosulfuron-methyl.....	111
4.2.3 Avaliação do efeito de inibidor de detoxificação sobre a ação do iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia branca (<i>Avena sativa</i> L.)	113
4.2.4 Efeito de protetor (safeners) na seletividade de herbicidas inibidores da ALS para plantas de aveia branca.....	114
4.2.5 Análise estatística.....	115
4.3 RESULTADOS	116
4.3.1 Tolerância cruzada	116
4.3.2 Sensibilidade da enzima ALS	123
4.3.3 Inibidores da detoxificação	124
4.3.4 Experimento com protetor (estimulador da detoxificação).....	143
4.4 DISCUSSÃO.....	147
4.5 CONCLUSÕES.....	151
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
6 APÊNDICES	158
7 ANEXOS	167
8 VITA	169

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

2.1	Valores dos parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a relação entre a dose de iodosulfuron-methyl e a estatura de plantas dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.....	19
2.2	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a variável número de perfilhos dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.....	21
2.3	Valores dos parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a relação entre a dose de iodosulfuron-methyl e a massa da parte aérea seca de plantas dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	23
2.4	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 7 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	26
2.5	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 14 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	28
2.6	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	30
2.7	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	32
2.8	Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos	

genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	34
2.9 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a estatura das plantas dos genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	36
2.10 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre o número de perfilhos das plantas dos genótipos de aveia, aos 35 DAA. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	38
2.11 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	40
3.1 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nos horários. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, julho de 2012.	52
3.2 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nos horários. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2012.....	53
3.3 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2013.	56
3.4 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2014.	58
3.5 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, setembro de 2014.	59
3.6 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl na tolerância relativa média de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	63
3.7 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl na densidade média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 30 dias após a aplicação. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.....	65

3.8	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa média das plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 20 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	74
3.9	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa média de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	75
3.10	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a estatura de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	76
3.11	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a densidade de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	77
3.12	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	79
3.13	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada na colheita. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	80
3.14	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	82
3.15	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre o peso hectolitro dos grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	83
3.16	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	85
3.17	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	87
3.18	Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa média de	

plantas do genótipo URS Taura, determinada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	89
3.19 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	90
3.20 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	91
3.21 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a estatura de plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	92
3.22 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a massa da parte aérea seca das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	94
4.1 Estimativa dos parâmetros da equação que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidores da sua detoxificação sobre a tolerância relativa, na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	127
4.2 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	128
4.3 Estimativa dos parâmetros da equação que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidores sobre a tolerância relativa das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	130
4.4 Estimativa dos parâmetros da equação que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e inibidores da detoxificação sobre a tolerância relativa média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	131
4.5 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas de dois	

genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	133
4.6 Estimativa dos parâmetros da equao que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e condioes de inibidor de detoxificao sobre a estatura média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	134
4.7 Estimativa dos parâmetros da equao que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condioes de inibidor de detoxificao sobre o número de folhas, na mdia de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliado aos 28 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	137
4.8 Estimativa dos parâmetros da equao que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condioes de inibidor de detoxificao sobre a massa da parte aérea seca, na mdia de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliado aos 28 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	141
4.9 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equao que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	143
4.10 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equao que descreve o efeito de condioes de protetor (com e sem estimulador da detoxificao) e doses de dois herbicidas (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium) sobre a tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Guria, avaliada aos 30 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	145
4.11 Estimativa dos parâmetros das equaoes que descrevem o efeito de condioes de protetor (com e sem estimulador da detoxificao) e doses de dois herbicidas (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium) sobre a estatura média de plantas do genótipo de aveia URS Guria, avaliada aos 30 dias após a aplicao dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	147

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
2.1 Médias da massa da parte aérea seca (mg planta^{-1}) de vinte genótipos de aveia não tratadas com o herbicida iodosulfuron-methyl. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	16
2.2 Valores médios de estatura de plantas (% em relação à testemunha) de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	18
2.3 Número médio de perfilhos de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	20
2.4 Valores médios da massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	22
2.5 Médias da massa da parte aérea seca (mg planta^{-1}) de vinte genótipos de aveia não tratadas com o herbicida iodosulfuron-methyl. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	24
2.6 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 7 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	25
2.7 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 14 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	27
2.8 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	29
2.9 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	31

2.10	Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	33
2.11	Estatura de plantas (% em relação à testemunha) de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.....	35
2.12	Número de perfilhos de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinado aos 35 DAA de iodosulfuron-methyl. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	37
2.13	Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	39
3.1	Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, junho-agosto de 2012.	52
3.2	Precipitação pluviométrica determinada até várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, junho-agosto de 2012.	53
3.3	Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2012.	53
3.4	Precipitação pluviométrica determinada até várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2012.....	54
3.5	Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2013.....	56
3.6	Precipitação pluviométrica determinada até várias semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2013.....	56
3.7	Temperaturas máximas e mínimas determinadas em sete dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl (Fonte: INMEP, 2014). Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2014.	58
3.8	Temperaturas máximas e mínimas determinadas em sete dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl (Fonte: INMEP, 2014). Eldorado do Sul, RS, Brasil, setembro de 2014.	59

3.9 Tolerância relativa, na média dos genótipos URS Guará e URS Guria, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl, em função das doses e horários de aplicação. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.	62
3.10 Efeito do iodosulfuron-methyl sobre a estatura (cm), na média de dois genótipos ('URS Guará' e 'URS Guria') e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.	63
3.11 Estatura de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	64
3.12 Densidade de plantas aos 30 DAA em função das doses e horários de aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.	65
3.13 Efeito de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca (g), na média de dois genótipos (URS Guará e URS Guria) e de três horários de aplicação, determinados aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.	66
3.14 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	66
3.15 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada na época da colheita. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	67
3.16 Rendimento de grãos de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinado na época da colheita. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	68
3.17 Efeito de iodosulfuron-methyl sobre a massa de mil sementes (g), na média de dois genótipos (URS Guará e URS Guria) e de três horários de aplicação. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.	68
3.18 Massa de mil sementes de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	69

3.19 Índice de colheita de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.....	69
3.20 Estatura de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	70
3.21 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.	71
3.22 Efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa de plantas de genótipos de aveia aos 10 DAA, na média de cinco genótipos e quatro repetições. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	72
3.23 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl em plantas de cinco genótipos de aveia, médias de doses do herbicida e quatro repetições, determinada aos 10 dias após a aspersão do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	72
3.24 Tolerância relativa de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, quando avaliadas aos 20 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	73
3.25 Tolerância relativa de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	75
3.26 Estatura (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	76
3.27 Densidade (plantas m ⁻²) de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	77
3.28 Massa (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	78
3.29 Massa (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada na época da colheita. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.....	80

3.30	Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	81
3.31	Peso hectolitro (kg hL^{-1}) de grãos de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.	83
3.32	Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de três genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	84
3.33	Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de dois genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	85
3.34	Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de três genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	86
3.35	Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de dois genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.	87
3.36	Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	88
3.37	Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	89
3.38	Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	91
3.39	Estatura (% em relação à testemunha) de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	92
3.40	Massa (% em relação à testemunha) de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	93

3.41	Correlação entre a taxa de eficácia de iodosulfuron-methyl em plantas do genótipo de aveia URS Taura, quando desenvolvidas em diferentes temperaturas do ar após a aspersão do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, 2014.....	94
4.1	Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 10 dias após a aplicação dos herbicidas. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.....	117
4.2	Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 20 dias após a aplicação dos herbicidas. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.....	119
4.3	Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.....	120
4.4	Estatura de plantas de diferentes genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), expressa em percentual em relação à testemunha, avaliada aos 30 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.....	121
4.5	Número médio de perfilhos em plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), determinado aos 30 dias após a aplicação de quatro herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.....	122
4.6	Médias da massa da parte aérea seca de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), expressa em percentual em relação à testemunha, avaliada aos 30 dias após a aplicação de quatro herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.	123
4.7	Atividade da enzima ALS sob diferentes concentrações de iodosulfuron. UTFPR, Pato Branco, PR, 2013.....	124
4.8	Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) e doses do herbicida, determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	125

- 4.9 Tolerância relativa (%) de plantas de aveia branca em resposta a doses do herbicida iodosulfuron-methyl, na média de plantas de dois genótipos (URS Guará e URS Guria) e duas condições de inibidor (com e sem), determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 125
- 4.10 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), médias de doses do herbicida e condições de inibidores, determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 126
- 4.11 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 14 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 127
- 4.12 Tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) ao herbicida iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor da sua detoxificação (com e sem inibidores), determinada aos 14 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 128
- 4.13 Níveis de tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (A) URS Guará e (B) URS Guria ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), determinados aos 21 dias após a aspersão do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 129
- 4.14 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 131
- 4.15 Tolerância relativa (%) ao iodosulfuron-methyl em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 132
- 4.16 Tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) ao iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor (com e sem inibidores da detoxificação), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 133
- 4.17 Estatura de plantas (% em relação à testemunha) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014. 134

4.18 Estatura de plantas (% em relação à testemunha) de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condições de inibidores da detoxificação (com e sem), na média de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	135
4.19 Número de folhas em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	136
4.20 Número de folhas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condições de inibidores da detoxificação (com e sem), médias de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	137
4.21 Distância entrenós (cm) de plantas de aveia em resposta a duas condições de inibidores da detoxificação (com e sem), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) e de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	138
4.22 Distância entrenós (cm) de plantas de aveia em resposta a doses do herbicida iodosulfuron-methyl, na média de plantas de dois genótipos (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	139
4.23 Distância entrenós (cm) em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida e de condições de inibidores, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	139
4.24 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	140
4.25 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condições de inibidores da detoxificação (com e sem), na média de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	142
4.26 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor (com e sem	

inibidores da detoxificação), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	143
4.27 Tolerância relativa (%) de plantas do genótipo de aveia URS Guria aos herbicidas (A) iodosulfuron-methyl e (B) bispyribac-sodium sob duas condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação), determinada aos 30 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	144
4.28 Estatura média de plantas (% em relação à testemunha) do genótipo de aveia URS Guria em resposta a aplicação dos herbicidas (A) iodosulfuron-methyl e (B) bispyribac-sodium sob duas condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação), determinada aos 30 dias após a aspersão dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.	146

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPR	Crop Protection Reference
ALS	Acetolactato sintase
AHAS	Acetohidroxiácido sintase
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
LAFLOL	Laboratório da Flora Ruderal
EEA	Estação Experimental Agronômica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
INMEP	Instituto Nacional de Meteorologia
DAA	Dias Após a Aplicação
DAT	Dias Após o Tratamento
MPAS	Massa da Parte Aérea Seca
I.A.	Ingrediente Ativo

1 INTRODUÇÃO GERAL

A espécie de aveia *Avena sativa* L. é um dos principais cereais de inverno produzidos na região Sul do Brasil, principalmente, no Rio Grande do Sul. Essa cultura possui muitas utilidades, incluindo a cobertura do solo, a produção de grãos para uso na alimentação humana e a utilização na pecuária por meio do pastejo direto ou através da produção de massa verde, silagem ou feno (Tafernaberi Jr *et al.*, 2012). No Brasil a área utilizada no cultivo em 2014 correspondeu a 153.200 ha, dos quais 88.500 ha foram cultivados no Rio Grande do Sul, sendo a segunda maior cultura de inverno depois do trigo. Com uma produção de 306.500 toneladas de grãos; aproximadamente 51% foram produzidos pelo estado (CONAB, 2015).

Um dos fatores determinantes para se manter altas produtividades é o manejo adequado de plantas daninhas devido à interferência dessas no crescimento e desenvolvimento da espécie cultivada (Nunes *et al.*, 2007). Por exemplo, a presença de 287 plantas m⁻² de *Lolium rigidum* L. na cultura da aveia pode reduzir o rendimento de grãos em até 14% (Lemerle *et al.*, 1995). O genótipo utilizado, a espécie de planta daninha, densidade de infestação, condições ambientais e práticas de manejo podem influenciar nos efeitos da interferência de plantas daninhas sob o rendimento de grãos da cultura (Oliveira Jr. *et al.*, 2011).

O controle químico é o principal método de manejo das plantas daninhas nas lavouras de grãos. Em 1997, nove ingredientes ativos eram indicados nos EUA para o controle de plantas daninhas em pós-emergência na aveia (CPR, 1997). No Canadá são

registrados doze ingredientes ativos para o controle de plantas daninhas na cultura (Saskatchewan, 2015). No Brasil apenas dois ingredientes ativos são indicados para o controle de infestantes na cultura: o metsulfuron-methyl (inibidor da enzima acetolactato sintase - ALS) e o 2,4-D (auxina sintética) (Brasil, 2015). A maioria destes herbicidas controla efetivamente as plantas daninhas da classe das Magnoliopsidas: *Bidens pilosa* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Raphanus raphanistrum* L. e *Rumex acetosella* L. Contudo, não apresentam eficácia no controle de daninhas da classe das Liliopsidas comuns na cultura da aveia, tais como o *Lolium multiflorum* Lam.

Nesse aspecto, os herbicidas inibidores da enzima ALS destacam-se pelo amplo espectro de espécies de plantas daninhas controladas, necessidade de doses reduzidas e baixa toxidez para mamíferos (Powles e Yu, 2010). Os herbicidas desse mecanismo atuam na inibição da enzima ALS, também conhecida como acetohidroxiácido sintase (AHAS), essencial na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) (Duggleby *et al.*, 2008). Compartilham este mecanismo de ação os herbicidas de diversos grupos químicos, incluindo imidazolinonas, sulfoniluréias, triazolopirimidinas, pirimidinil-tiobenzoatos e sulfonilaminocarbonil-triazolinona (HEAP, 2015), sendo os quatro primeiros utilizados no Brasil.

O iodosulfuron-methyl é um inibidor da ALS, pertencente ao grupo das sulfoniluréias, que começou a ser comercializado no mundo no final da década de 1990. Esse herbicida controla plantas daninhas pertencentes às classes das Magnoliopsidas e Liliopsidas nas culturas do trigo, triticale, centeio e cevada (Trabold *et al.*, 2000; Kramer *et al.*, 2012). Não se têm muitas informações sobre a seletividade deste herbicida para a aveia cultivada. Porém, sabe-se que pode ser utilizado para o controle de algumas espécies silvestres de aveia (Brasil, 2015).

Seletividade, por definição, é uma característica relativa ao herbicida e se refere ao desempenho diferenciado de um composto conforme a espécie alvo. Enquanto que a tolerância é uma característica da espécie vegetal e se refere à capacidade das plantas em continuar o desenvolvimento normal após exposição a um composto químico (Ahrens, 1994). Alguns fatores poderiam propiciar a seletividade dos herbicidas que compõem este mecanismo de ação. Dentre os fatores que determinam a seletividade de herbicidas às culturas destacam-se a dose utilizada, as condições ambientais no momento ou após a aplicação do produto e o genótipo (Carvalho e Durigan, 1995; Ramires *et al.*, 1999; Penckowski *et al.*, 2003; Monquero, 2014).

Na literatura não existem experimentos com efeitos de variáveis ambientais sobre a eficiência do herbicida iodosulfuron-methyl no controle de plantas daninhas ou possíveis modificações dessas na tolerância em espécies cultivadas. No entanto, são relatados que condições ambientais, tais como temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade e radiação solar, poderiam modificar os efeitos de alguns herbicidas inibidores de ALS em determinadas espécies vegetais. Por exemplo, em *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L. e *Aegilops cylindrica* Host., a atividade dos herbicidas inibidores da ALS imazaquin, sulfosulfuron e flucarbazone foi diretamente proporcional à temperatura do ar (Polge e Barret, 1997; Geier *et al.*, 1999; Olson *et al.*, 2000; Hoskins *et al.*, 2005). Todavia, situação inversa foi constatada com penoxsulam e sulfosulfuron em *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. e *Agrotis stolonifera* L., respectivamente (Willingham *et al.*, 2008; Mccullough e Hart, 2008). Na literatura há relatos da interação da umidade relativa do ar e temperatura na expressão da seletividade dos herbicidas inibidores de ALS (Hager *et al.*, 1999; Fuentes e Leroux, 2002; Kieloch e Kucharski, 2012). Da mesma forma, a intensidade luminosa interage com a temperatura na manifestação da seletividade dos

herbicidas inibidores da ALS às plantas cultivadas (Xie *et al.*, 1996; Camargo *et al.*, 2012; Maciel *et al.*, 2011).

Os objetivos deste trabalho foram: a) determinar a tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia utilizados no Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS; b) avaliar a tolerância de plantas de aveia aos diferentes grupos químicos dos herbicidas inibidores da ALS; c) identificar as condições ambientais que promovem maior seletividade do herbicida à cultura da aveia; e d) elucidar o mecanismo de tolerância dos genótipos ao herbicida iodosulfuron-methyl.

1.1 Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em três capítulos, além da introdução geral e das considerações finais. Os capítulos 2 e 4 referem-se aos experimentos realizados em casa-de-vegetação nos anos de 2012 e 2014. No capítulo 2 foi avaliada a tolerância dos genótipos de aveia utilizados no programa de melhoramento genético de aveia-UFRGS ao herbicida iodosulfuron-methyl. O capítulo 3 inclui experimentos realizados em campo nos anos de 2012, 2013 e 2014 para caracterizar a tolerância de genótipos de aveia em diferentes condições de aplicação de iodosulfuron-methyl e, além disso, também inclui um estudo realizado em casa-de-vegetação, em 2014, para detalhar uma das condições ambientais explicativas da seletividade do herbicida à cultura. No capítulo 4 apresentam-se os estudos sobre o mecanismo envolvido na tolerância das plantas de aveia branca ao iodosulfuron-methyl.

1.2 Hipóteses avaliadas

Foram estabelecidas diversas hipóteses para serem desenvolvidas nessa dissertação. No capítulo 2 hipotetizou-se que a tolerância das plantas de aveia branca ao iodosulfuron depende da dose e do genótipo utilizado. Além disto, outro pressuposto testado no estudo era de que a resposta à dose poderia ser linear ou exponencial decrescente, dependendo da sensibilidade do genótipo ao herbicida testado.

No capítulo 3 hipotetizou-se que a tolerância das plantas de aveia ao herbicida iodosulfuron depende da hora do dia em que o produto é aspergido. Mantém-se, ainda, a conjectura de que a tolerância das plantas de aveia ao herbicida iodosulfuron depende da dose e do genótipo utilizados.

Nos estudos dos mecanismos de tolerância de aveia branca ao iodosulfuron-methyl, desenvolvidos no capítulo 4, teorizou-se que caso a tolerância das plantas fosse governada pela insensibilidade da enzima ALS, seria de se esperar tolerância cruzada para herbicidas inibidores da ALS de vários grupos químicos. Outra forma de avaliar essa hipótese também foi determinar a atividade da enzima ALS. Finalmente, testou-se por duas formas indiretas a hipótese de que a detoxificação do herbicida iodosulfuron-methyl pelas plantas está envolvido na tolerância de plantas de aveia ao herbicida.

1.3 Referências bibliográficas

ASKEW, S. D.; WILCUT, J. W. Absorption, translocation, and metabolism of foliarapplied cga 362622 in cotton, peanut, and selected weeds. **Weed Science**, Lawrence, v. 50, n. 3, p. 293-298, 2002.

AHRENS, W.H. **Herbicide handbook**. Champaign: WSSA, 1994. 352p.

BACK, J., et al. **Prairie oat growers manual**. Alberta-Canada: University of Alberta, 2010. 98 p. Disponível em: <http://www.poga.ca/assets/Files/POGAdocuments/2013/oatgrowermanual_uofa.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários-AGROFIT**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

CAMARGO, E. R., et al. Interaction between saflufenacil and imazethapyr in red rice (*Oryza ssp.*) and hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) as affected by light intensity. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 68, n. 7, p. 1010-1018, 2012.

CARGNIN, A. et al. Uso de herbicidas seletivos na produção de aveia branca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 139-143, 2006.

CARVALHO, F.T.; DURIGAN, J.C. Integração de práticas culturais e redução da dose de bentazon na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 46-49, 1995.

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.

CPR - **crop protection reference 13 CPR**. 13. ed. New York: C&P Press, 1997. 1798p.

DUGGLEBY, R. G.; MCCOURT, J. A.; GUDDAT, L. W. Structure and mechanism of inhibition of plant acetohydroxyacid synthase. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 46, n. 3, p. 309-324, 2008.

FUENTES, C. L.; LEROUX, G. D. Effect of air temperature, relative humidity and growth stage on rimsulfurom tolerance in selected field maize hybrids. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 20, n. 3, p. 21-30, 2002.

GAST, R. E. Industry views of minor crop weed control. **Weed Technology**, Lawrence, v. 22, n. 2, p. 385-388, 2008.

GEIER, P. W., et al. Environmental and application effects on mon 37500 efficacy and phytotoxicity. **Weed Science**, Lawrence, v. 47, n. 6, p. 736-739, 1999.

GLOMBITZA, S. et al. Crosstalk and differential response to abiotic and biotic stressors reflected at the transcriptional level of effector genes from secondary metabolism. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 54, n. 6, p. 817-835, 2004.

HAGER, A. G., et al. Soil moisture, relative humidity, and bentazon affect imazethapyr absorption and translocation in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 2, p. 320-323, 1999.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

HOSKINS, A. J., et al. Control of italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in winter wheat. **Weed Technology**, Lawrence, v. 19, n. 2, p. 261-265, 2005.

KIELOCH, R.; KUCHARSKI, M. Weed species response to two formulations of iodosulfuron methyl sodium and amidosulfuron mixture applied at various environmental conditions. **Polish Journal of Agronomy**, Puławy, v. 8, n. 8, p. 15-19, 2012.

KRAMER, W. et al. **Modern crop protection compounds**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2012. v. 1-3. 1550p.

LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; COOMBES, N. Losses in grain yield of winter crops from *Lolium rigidum* competition depend on crop species, cultivar and season. **Weed Research**, Oxford, v. 35, n. 6, p. 503-509, 1995.

MACIEL, C. D. G., et al. Desenvolvimento de gramados submetidos à aplicação de retardadores de crescimento em diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 383-395, 2011.

MCCULLOUGH, P. E.; HART, S. E. Creeping bentgrass (*Agrostis Stolonifera*) tolerance to sulfosulfuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 22, n. 3, p. 481-485, 2008.

MONQUERO, P. A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, 2014. 430p.

NUNES, A. L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.

OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J. ; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 362p.

OLSON, B. L. S., et al. Efficacy and metabolism of mon 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 5, p. 541-548, 2000.

PENCKOWSKI, L.H., et al. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

POLGE, N. D.; BARRETT, M. Temperature effects on imazaquin soil bioavailability, uptake, and metabolism in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 2, p. 198-204, 1997.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.

RAMIRES, A. C., et al. Influência dos diferentes horários de aplicação em pós-emergência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, fomesafen e bentazon no controle de *Commelina benghalensis* L. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 467-472, 1999.

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.

SAIKKONEN, K. et al. Climate change-driven species' range shifts filtered by photoperiodism. **Nature Climate Change**, London, v. 2, n. 4, p. 239-242, 2012.

SASKATCHEWAN. Ministry of Agriculture. **Guide to crop protection 2015: weeds, plant diseases and insects.** Disponível em: <<http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=d281d596-7317-42f1-ac86-898fa5908d18>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

SPENCER, M.; LEBEDA, A. (Eds.) **Mass Screening Techniques for Selecting Crops Resistant to Diseases.** Vienna: IAEA-FAO, 2010. 319p. Disponível em: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TDL-001_web.pdf. Acesso em: 25 de janeiro de 2015.

SZALAI, G. et al. Glutathione as an antioxidant and regulatory molecule in plants under abiotic stress conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, n. 1, p. 66-80, 2009.

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.

TRABOLD, K. et al. Iodosulfuron - a new sulfonylurea for weed control in cereals. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, edição especial. 17, n. 1, p. 701-707, 2000.

WILLINGHAM, S. D., et al. Effect of temperature and propanil on penoxsulam efficacy, absorption, and translocation in alligatorweed (*Alternanthera philoxeroides*). **Weed Science**, Lawrence, v. 56, n. 6, p. 780-784, 2008.

XIE, H. S.; HSIAO, A. I.; QUICK, W. A. Influence of temperature and light intensity on absorption, translocation and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenz-methyl in *Avena fatua*. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 15, n. 2, p. 57-62, 1996.

YU, Q.; POWLES, S. B. Resistance to ahas inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 70, n. 9, p. 1340-1350, 2014.

ZAGONEL, J. Eficácia do herbicida hussar (iodosulfuron metil sodium) no controle de *Lolium multiflorum* e *Raphanus raphanistrum* na cultura do trigo. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 6., 2005, Londrina, PR. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 114-119.

CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA IODOSULFURON-METHYL EM GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.)

RESUMO

Plantas daninhas constituem uma dos principais limitantes ao rendimento de grãos na cultura da aveia, mas há poucos ingredientes ativos herbicidas registrados para o seu controle. O objetivo desse trabalho foi caracterizar o nível de tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia branca utilizados no Programa de Melhoramento Genético da Cultura de Aveia da UFRGS. O experimento foi conduzido na casa de vegetação e repetido dois anos (2012 e 2014). Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjo bi-fatorial dos tratamentos, com três repetições e duas plantas por unidade experimental. No experimento conduzido em 2012, o fator A consistiu de vinte genótipos de aveia branca ('UFRGS 017004-2', 'UFRGS 07Q90016-1', 'URS Guará', 'URS Guria', 'URS 22', 'URS Tarimba', 'UFRGS 19', 'Coronado', 'UFRGS 15', 'UFRGS 18', 'URS Taura', 'UFRGS 14', 'UFRGS 16', 'URS Penca', 'URS Guapa', 'URS Brava', 'URS Estampa', 'UFRGS 995085-4', 'UFRGS 17' e 'URS Torena') e o fator B contemplou quatro doses do herbicida iodosulfuron-methyl (0; 2; 5 e 10 g ha⁻¹), aplicado em pós-emergência. No experimento conduzido em 2014, foram usados o mesmo número de genótipos de aveia branca, com substituição do 'UFRGS 995085-4' pelo genótipo "URS Corona". O fator B para este experimento também foi composto por quatro doses do herbicida iodosulfuron-methyl (0; 5; 10 e 20 g ha⁻¹). Houve diferenças na tolerância ao iodosulfuron-methyl entre os genótipos testados. As plantas dos genótipos de aveia Coronado, URS Taura e URS 22 se mostraram mais sensíveis ao herbicida. Plantas dos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guapa e UFRGS 017004-2, foram menos sensíveis até a dose de 10 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl.

CHAPTER 2 - CHARACTERIZATION OF THE TOLERANCE TO IODOSULFURON-METHYL HERBICIDE IN WHITE OAT GENOTYPES (*Avena sativa* L.)

ABSTRACT

Weeds are the main limiting factor to oat crop grain productivity, but there are few herbicide active ingredients registered for its control. The objective of this research was to characterize the level of tolerance to the herbicide iodosulfuron-methyl in oat genotypes used in the Oat Breeding Program at the Federal University of Rio Grande do Sul. The experiment was conducted in the greenhouse and repeated two years (2012 and 2014). A completely randomized design was used, with a bi-factorial treatment arrangement, using three repetitions per treatment and two plants per pot. On the experiment conducted in 2012, the factor A consisted of twenty oat genotypes ('UFRGS 017004-2', 'UFRGS 07Q90016-1', 'URS Guar', 'URS Guria', 'URS 22', 'URS Tarimba', 'UFRGS 19', 'Coronado', 'UFRGS 15', 'UFRGS 18', 'URS Taura', 'UFRGS 14', 'UFRGS 16', 'URS Penca', 'URS Guapa', 'URS Brava', 'URS Estampa', 'UFRGS 995085-4', 'UFRGS 17', and 'URS Torena'); and the factor B had four iodosulfuron-methyl doses (0, 2, 5 and 10 g ha⁻¹), applied in post-emergence. The experiment conducted in 2014 used the same number of oat genotypes, but with 'URS Corona' genotype instead of the 'UFRGS 995085-4'. The factor B for this experiment was also composed of four doses of iodosulfuron-methyl herbicide (0, 5, 10 and 20 g ha⁻¹). There were differences in the tolerance to iodosulfuron-methyl among the genotypes tested. The plants of the oat genotypes Coronado, URS Taura and URS 22 were more sensitive to the herbicide. Plants of the genotypes UFRGS 14, URS Guara, URS Guapa and UFRGS 017004-2, were less sensitive to iodosulfuron-methyl up to the dose of 10 g ha⁻¹.

2.1 INTRODUÇÃO

A aveia é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae, gênero *Avena*. Este gênero abrange várias espécies silvestres, daninhas e cultivadas, distribuídas em todos continentes. Os genótipos da espécie *Avena strigosa* Schreb. (aveia preta) são utilizados apenas para forragem enquanto que alguns genótipos de *A. sativa* L. apresentam duplo propósito de uso, como forragem e produção de grãos (Floss *et al.*, 2007). No ano de 2014 os maiores produtores mundiais e também consumidores foram a União Europeia, Rússia, Canadá, Austrália e Estados Unidos. O Brasil ocupa a décima primeira colocação (USDA, 2014).

Entre os problemas que afetam a produção mundial e brasileira da cultura destacam-se os impactos causados por fatores bióticos, tais como plantas daninhas (Rizzardi e Serafini, 2001; Back *et al.*, 2010). A presença de plantas daninhas representa um problema para produção de aveia em muitos países produtores, principalmente as espécies daninhas *Avena fatua* L., *Hordeum jubatum* L. e *Setaria viridis* (L.) P. Beauv, além de alguns cereais e espécies de pastagem de inverno voluntárias, tais como *H. vulgare* e *Lolium* spp, respectivamente (Rizzardi e Serafini, 2001; Back *et al.*, 2010).

No mundo, existem poucos herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas, principalmente de aplicação em pós-emergência na cultura de aveia. A maioria das marcas comerciais registradas corresponde aos herbicidas auxínicos e aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (Brasil, 2015; Saskatchewan, 2015). Na literatura é

relatada a tolerância de alguns genótipos de aveia branca aos herbicidas inibidores da ALS, cloransulam, bispyribac-sodium, metsulfuron-methyl e penoxsulam (Cargnin *et al.*, 2006; Nunes *et al.*, 2007; Hartwig *et al.*, 2008). Pertencente a esta mesma classe, o iodosulfuron-methyl é um herbicida registrado para uso na cultura do trigo que apresenta amplo espectro de controle de daninhas. Em trabalho realizado com trigo, cevada, centeio e triticale foi constatado alto percentual de controle de *Lolium multiflorum* Lam. e também em aveia branca e preta (Vargas e Roman, 2005). O objetivo deste trabalho foi caracterizar a tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia branca.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos, realizados nos anos de 2012 e 2014, foram conduzidos 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. Em ambos os experimentos, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições e duas plantas por unidade experimental. O arranjo dos tratamentos foi o bifatorial, com genótipos e doses do herbicida iodosulfuron-methyl como fatores.

2.2.1 Primeiro experimento

No primeiro experimento foram utilizados vinte genótipos de aveia disponibilizados pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS ('UFRGS 017004-2', 'UFRGS 07Q90016-1', 'URS Guará', 'URS Guria', 'URS 22', 'URS Tarimba', 'UFRGS 19', 'Coronado', 'UFRGS 15', 'UFRGS 18', 'URS Taura', 'UFRGS 14', 'UFRGS 16', 'URS Penca', 'URS Guapa', 'URS Brava', 'URS Estampa', 'UFRGS

995085-4', 'UFRGS 17' e 'URS Torena'). As doses do herbicida iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹) foram: 0; 2; 5 e 10 g ha⁻¹ do i.a.

O experimento foi desenvolvido entre os meses de outubro e novembro de 2012 (temperatura máxima média= 31,07 ± 6°C e temperatura mínima média=17,35 ± 2,53°C). A aveia foi semeada em recipientes plásticos drenáveis com capacidade para 500 mL, contendo substrato na proporção de 1:1 (50% de solo oriundo de mata + 50% de areia) mais a adição de 24 g da formulação 5-20-30 de N-P-K para cada 20 kg de substrato. Foram colocadas seis sementes por recipiente. O desbaste foi realizado quando as plantas estavam no estágio de duas folhas, deixando-se apenas duas plantas por vaso. A aplicação do herbicida foi realizada quando as plantas apresentavam, em média, cinco folhas, utilizando pulverizador costal pressurizado com CO₂ comprimido, barra com ponta do tipo 110.02XR, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ e adição de 0,5% v/v do surfactante Dash.

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) do herbicida foram avaliados o número de perfilhos e estatura das plantas (distância entre a base do colmo e a folha bandeira). Coletou-se, também, 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. A massa da parte aérea seca foi convertida em valor percentual em relação às plantas não aspergidas com herbicida (MSPT), utilizando-se a Equação 2.1. Os dados de estatura também foram convertidos em valores percentuais em relação às plantas não aspergidas com herbicida (EPT) (Equação 2.1).

$$\text{MSPT} / \text{EPT} (\%) = (100 \times \text{tratamento}) / \text{Testemunha} \quad \text{Equação 2.1}$$

O ajuste de equações de regressão, quando possível, permitiu o cálculo matemático para estimar a dose do herbicida que proporcionou 50% de redução nas variáveis avaliadas

nos genótipos (D₅₀). Para os cálculos, considerou-se a dose do herbicida como fator independente e as variáveis de estatura ou massa da parte aérea seca como fator dependente.

2.2.2 Segundo experimento

No segundo experimento foram utilizados vinte genótipos de aveia ('UFRGS 017004-2', 'UFRGS 07Q90016-1', 'URS Guará', 'URS Guria', 'URS 22', 'URS Tarimba', 'UFRGS 19', 'Coronado', 'UFRGS 15', 'UFRGS 18', 'URS Taura', 'UFRGS 14', 'UFRGS 16', 'URS Penca', 'URS Guapa', 'URS Brava', 'URS Estampa', 'URS Corona', 'UFRGS 17' e 'URS Torena'). As doses do herbicida iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹) foram: 0; 5; 10 e 20 g ha⁻¹ do i.a.

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e julho de 2014 (temperatura máxima média= 20,78 ± 2°C e temperatura mínima média= 12,89 ± 1,5°C). Os procedimentos relacionados à semeadura e desbaste foram similares aos já descritos, exceto que o substrato utilizado estava na proporção de 3:1,5:1 (Argissolo vermelho: Areia: substrato comercial) mais a adição de 0,125 g por vaso da formulação 12-20-10 de N-P-K. A aplicação do herbicida foi realizada quando as plantas apresentavam três folhas, em câmara de aplicação com pulverizador pressurizado com ar comprimido, barra com ponta do tipo 80.02E, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, mais 0,5% v/v de surfactante Dash.

Para a determinação da tolerância dos genótipos ao herbicida foram avaliadas as seguintes variáveis: tolerância relativa aos 7, 14, 28 e 35 DAA. Também foi mensurada a estatura, número de perfilhos e massa da parte aérea seca aos 35 DAA. A tolerância relativa 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. A avaliação aos 35 DAA da estatura, número de perfilhos e a medição da massa da parte aérea seca seguiram os mesmos procedimentos adotados no primeiro experimento. A EPT e MSPT foram determinadas conforme a Equação 2.1. A determinação da D_{50} também seguiu os mesmos métodos utilizados no primeiro experimento.

2.2.3 Análise estatística

Em ambos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância, assumindo até 5% de probabilidade de erro para a interação dos fatores testados. O teste de médias utilizado para determinação da DMS (diferença mínima significativa) foi o teste t a 5% de probabilidade. Quando constatada a interação, os dados foram submetidos à análise de regressão entre a variável dependente e a dose, testando-se os modelos polinomial (linear ou quadrática), exponencial e hiperbólico decrescentes. O modelo de regressão adotado foi decidido considerando-se ao menos dois dos seguintes critérios: a) coeficiente de determinação significativo; b) a probabilidade de significância da equação pelo teste t, considerando até 10% de probabilidade; e c) a equação com menor valor do quadrado médio do resíduo.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Experimento 1

A massa da parte aérea seca dos tratamentos não aspergidos com o herbicida foi utilizada para distribuição dos genótipos nas Figuras de todos os demais resultados deste experimento. Estes foram separados em grupos de cinco numa ordem decrescente de acordo com a massa seca. Na Figura 2.1 está representada na linha pontilhada a média geral da massa da parte aérea das plantas secas e nas linhas tracejadas, mais ou menos o desvio padrão em relação à média geral.

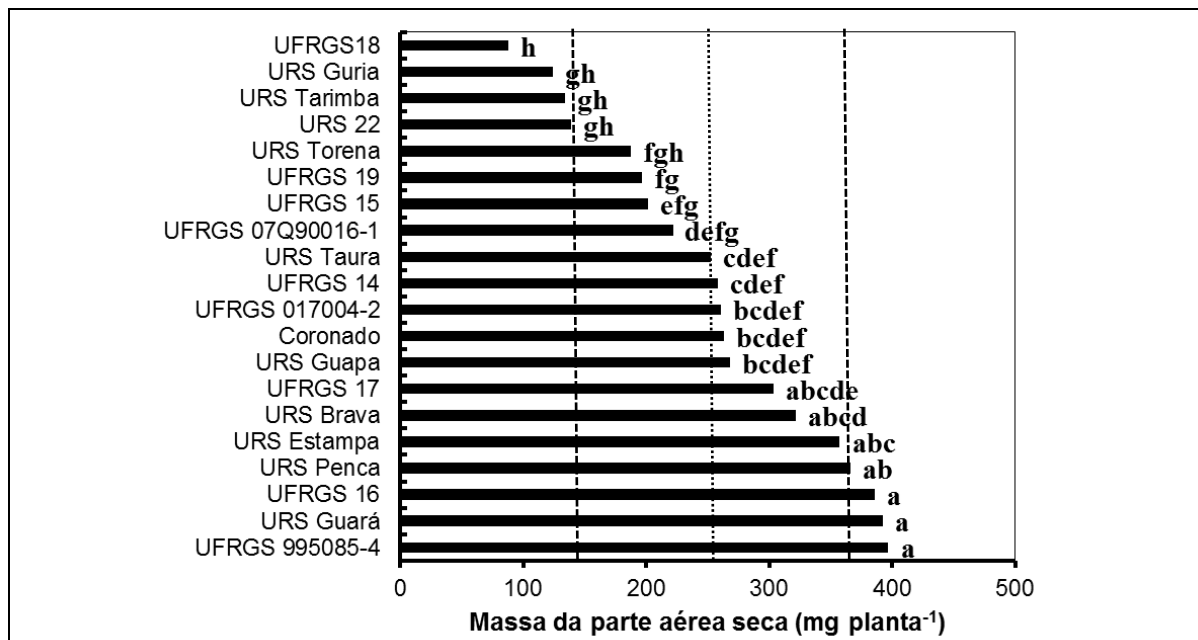


FIGURA 2.1 Médias da massa da parte aérea seca (mg planta⁻¹) de vinte genótipos de aveia não tratadas com o herbicida iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de massa entre os genótipos = 105,2 mg. Desvio padrão (δ) = 107,0 mg (----) e média geral = 255,7 mg (....). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Na análise de variância dos dados de estatura de plantas (% em relação à testemunha), avaliada aos 30 DAA, foi identificada interação significativa ($P < 0,01$) entre os fatores genótipos e doses. Isso demonstra a existência de respostas diferenciadas das

plantas dos genótipos de aveia branca às doses do herbicida iodosulfuron-methyl testadas. As equações que apresentaram melhor ajuste aos dados médios desta variável foram a polinomial (linear ou quadrática) e a hiperbólica decrescente (Figura 2.2 e Tabela 2.1).

Para nove genótipos de aveia houve ajuste significativo na regressão entre as doses do herbicida e a estatura. Nesses casos, constatou-se, em geral, que houve redução da estatura com o aumento da dose de iodosulfuron-methyl, principalmente a partir de 5 g ha^{-1} do herbicida (Figura 2.2). Não foi possível, para seis genótipos, obter a D_{50} em função do valor situar-se acima das doses testadas. Para 11 genótipos não houve ajuste significativo aos modelos de equação testados.

O genótipo URS Guará apresentou numericamente o menor valor para a dose necessária para a redução da estatura das plantas (D_{50}), $5,7 \text{ g ha}^{-1}$, o que indica elevada sensibilidade do genótipo ao herbicida (Figura 2.2 A e Tabela 2.1). Os dados percentuais médios de estatura das plantas para os genótipos UFRGS 14, UFRGS 07Q90016-1, URS 22 e URS Guria indicam que estes foram pouco sensíveis ao produto (Figura 2.2 C e D).

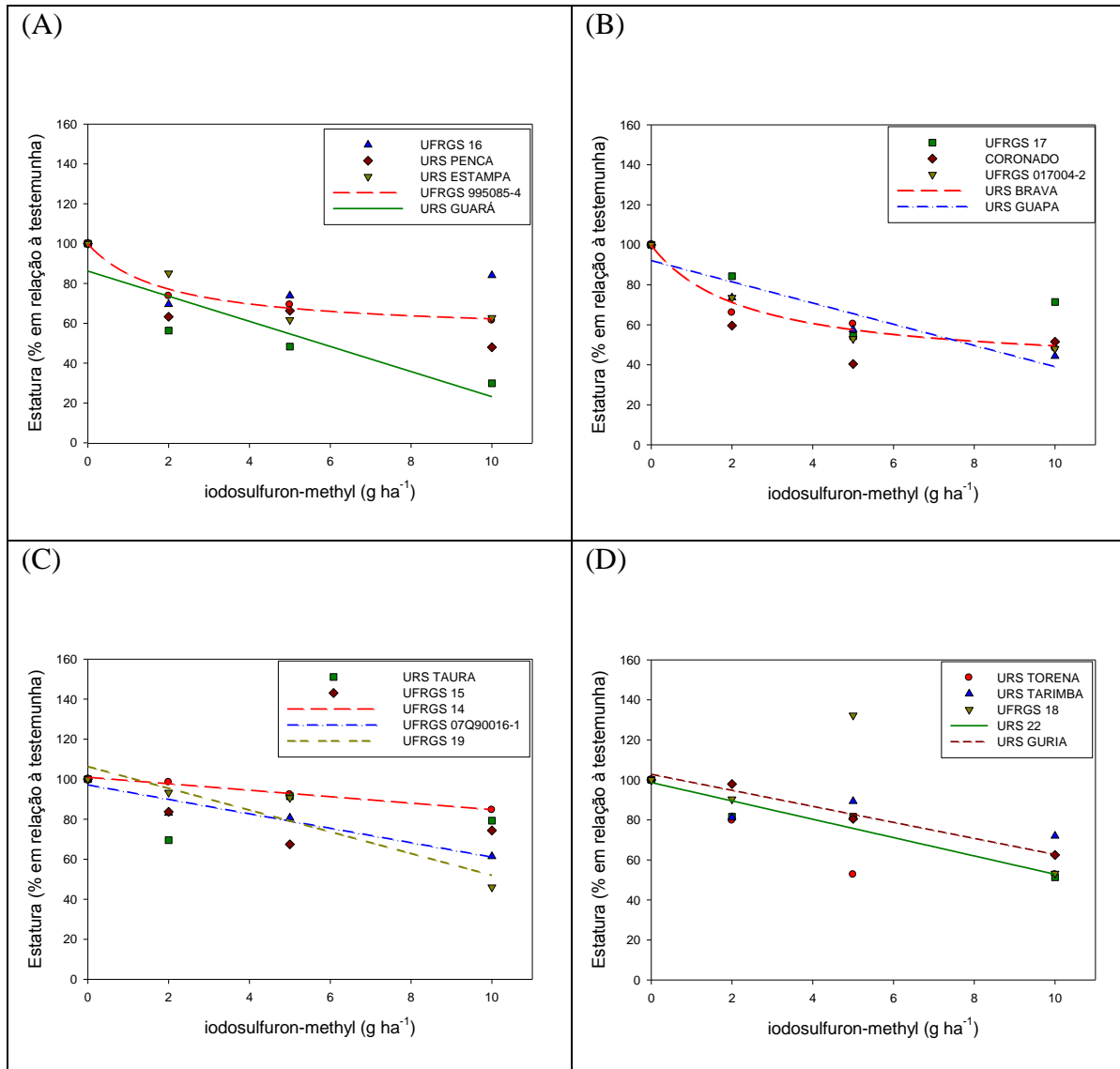


FIGURA 2.2 Valores médios de estatura de plantas (% em relação à testemunha) de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre genótipos em cada dose = 23%. Equações na Tabela 2.1. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

TABELA 2.1 Valores dos parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a relação entre a dose de iodosulfuron-methyl e a estatura de plantas dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁶ D ₅₀	⁷ R ²	⁸ p
		a	b	y0			
UFRGS 995085-4	Hip. decresc. ¹	45,01 (5,04) ⁴ * ⁵	1,95 (0,75) ^{ns}	54,92 (4,71)*	-	0,98*	0,075
URS Guará	Linear ²	-6,30 (2,09)*	-	86,21 (11,95)**	5,74	0,73*	0,094
UFRGS 16	Linear	-0,89 (2,15) ^{ns}	-	85,80 (12,30)**	-	0,08 ^{ns}	0,718
URS Penca	Linear	-4,48 (1,78) ^{ns}	-	88,98 (10,19)**	-	0,64 ^{ns}	0,128
URS Estampa	Linear	-3,76 (1,54) ^{ns}	-	93,83 (8,81)***	-	0,62 ^{ns}	0,135
URS Brava	Hip. decresc.	62,14 (9,02)*	2,33 (1,09) ^{ns}	37,72 (8,61) ^{ns}	9,41	0,97*	0,093
UFRGS 17	Linear	-2,92 (2,46) ^{ns}	-	90,29 (14,08)**	-	0,41 ^{ns}	0,357
URS Guapa	Linear	-5,30 (1,29)*	-	92,08 (7,40)**	7,93	0,84*	0,054
Coronado	Hip. decresc.	58,11 (21,09) ^{ns}	0,77 (1,58) ^{ns}	41,97 (17,89) ^{ns}	-	0,80 ^{ns}	0,255
UFRGS 017004-2	Linear	-4,97 (1,72) ^{ns}	-	90,39 (9,87)**	-	0,71 ^{ns}	0,102
UFRGS 14	Linear	-1,62 (0,18)**	-	100,92 (1,05)***	-	0,96**	0,013
URS Taura	Linear	-1,18 (2,06) ^{ns}	-	90,24 (11,78)**	-	0,14 ^{ns}	0,623
UFRGS 07Q90016-1	Linear	-3,61 (0,57)**	-	97,11 (3,28)***	-	0,93**	0,024
UFRGS 15	Hip. decresc.	34,63 (19,86) ^{ns}	1,76 (3,64) ^{ns}	65,62 (18,33) ^{ns}	-	0,60 ^{ns}	0,365
UFRGS 19	Linear	-5,43 (1,38)*	-	106,27 (7,91)***	-	0,83*	0,059
URS Torena	Linear	-4,71 (1,85) ^{ns}	-	91,89 (10,58)**	-	0,65 ^{ns}	0,125
URS 22	Linear	-4,59 (0,80)**	-	98,68 (4,57)***	-	0,91**	0,029
URS Tarimba	Linear	-2,36 (1,04) ^{ns}	-	96,00 (5,98)***	-	0,58 ^{ns}	0,152
URS Guria	Linear	-4,01 (0,60)**	-	102,78 (3,43)***	-	0,94**	0,022
UFRGS 18	Quadrática ³	12,96 (14,74) ^{ns}	-1,65 (1,37) ^{ns}	91,33 (29,03) ^{ns}	-	0,13 ^{ns}	0,538

¹ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y0+(a*b)/(b+x)$

² Equação linear $Y= y0 + ax$

³ Equação quadrática $Y=y0 +ax + bx^2$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁶ Dose do herbicida que reduz a estatura em 50%.

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a variável número de perfilhos, avaliada aos 30 DAA, também foi observada interação significativa ($P<0,01$) entre os fatores genótipos e doses. Os dados médios de número de perfilhos apresentaram melhor ajuste às equações polinomiais linear e quadrática (Figura 2.3 e Tabela 2.2).

Somente foram significativas as regressões entre número de perfilhos e a dose do herbicida em cinco genótipos (Tabela 2.2). Para os dados que se ajustaram ao modelo linear, o aumento da dose do herbicida incrementou o número de perfilhos (Figura 2.3 A e C). Para plantas do genótipo UFRGS 18 o número de perfilhos foi inversamente proporcional à dose do herbicida utilizada (Figura 2.3 D). Nos casos onde o modelo ajustado foi o quadrático, houve acréscimo no número de perfilhos até 5 g ha⁻¹ de

iodosulfuron-methyl com redução do perfilhamento nas doses mais elevadas (Figura 2.3 C). Numericamente, os maiores acréscimos no número de perfilhos, dentre os cinco genótipos, foram observados nos genótipos UFRGS 14 e URS Taura (Figura 2.3 C).

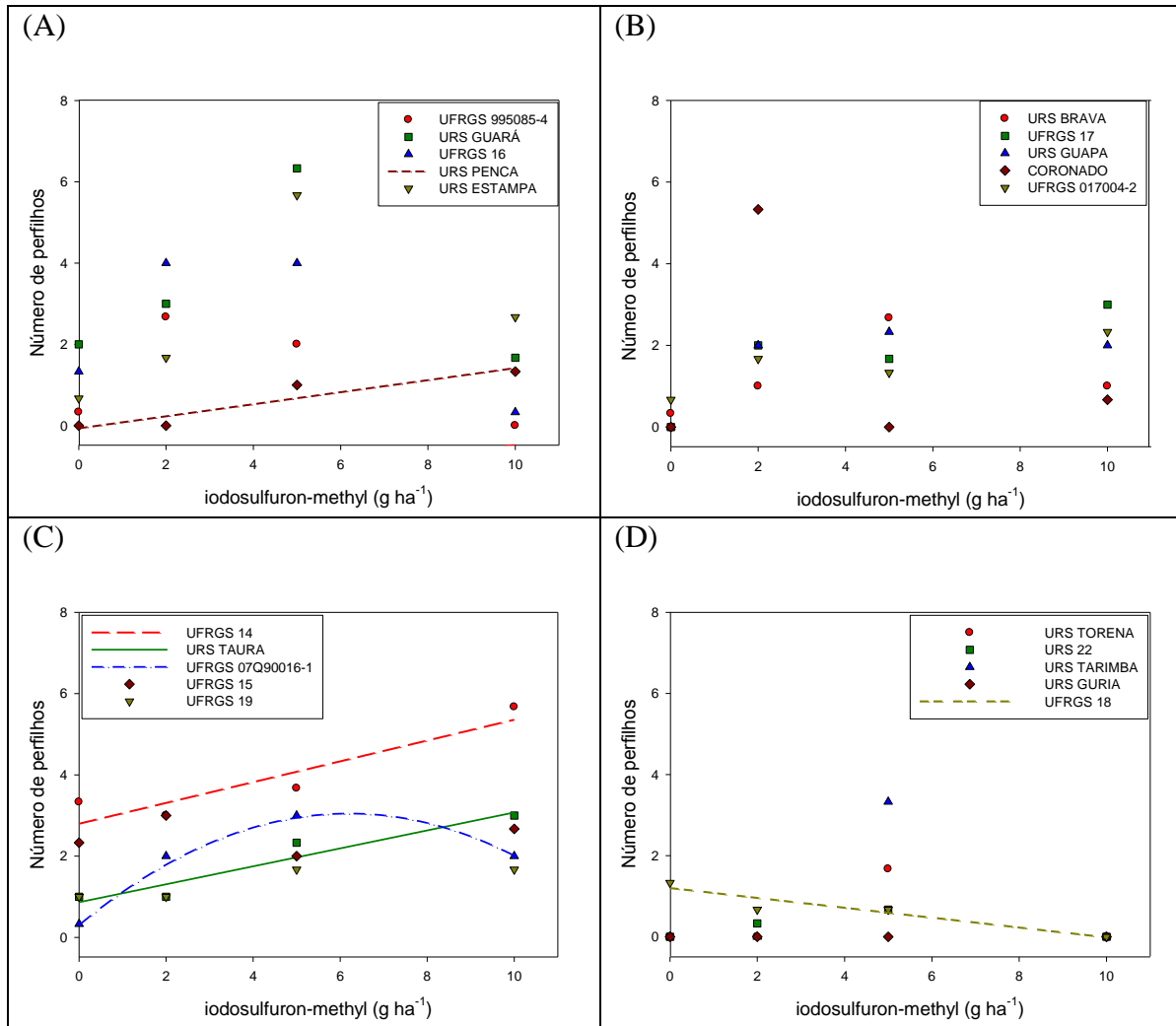


FIGURA 2.3 Número médio de perfilhos de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre genótipos em cada dose = 2,3. Equações na Tabela 2.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

TABELA 2.2 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a variável número de perfilhos dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ p
		a	b	y0		
UFRGS 995085-4	Quadrática ¹	0,82 (0,39) ^{ns}	0,09 (0,04) ^{ns}	0,56 (0,76) ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,357
URS Guará	Quadrática	1,50 (0,85) ^{ns}	0,15 (0,08) ^{ns}	1,50 (1,67) ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,473
UFRGS 16	Quadrática	1,23 (0,20) ^{ns}	0,13 (0,02)*	1,45 (0,40) ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,127
URS Penca	Linear ²	0,15 (0,04) ^{3*4}	-	0,07 (0,25) ^{ns}	0,78*	0,077
URS Estampa	Quadrática	1,51 (0,93) ^{ns}	0,12 (0,09) ^{ns}	0,12 (1,83) ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,510
URS Brava	Quadrática	0,75 (0,37) ^{ns}	0,07 (0,03) ^{ns}	0,11 (0,73) ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,442
UFRGS 17	Linear	0,26 (0,09) ^{ns}	-	0,53 (0,55) ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,113
URS Guapa	Quadrática	0,79 (0,19) ^{ns}	0,06 (0,02) ^{ns}	0,11 (0,37) ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,208
Coronado	Quadrática	0,56 (2,01) ^{ns}	0,07 (0,19) ^{ns}	1,18 (3,96) ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,927
UFRGS 017004-2	Linear	0,14 (0,05) ^{ns}	-	0,87 (0,30) ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,111
UFRGS 14	Linear	0,26 (0,08)*	-	2,80 (0,47)**	0,74*	0,089
URS Taura	Linear	0,22 (0,05)*	-	0,87 (0,31) ^{ns}	0,84*	0,056
UFRGS 07Q90016-1	Quadrática	0,89 (0,05)**	0,07 (0,004)**	0,30 (0,09) ^{ns}	0,99**	0,049
UFRGS 15	Quadrática	0,05 (0,36) ^{ns}	0,01 (0,03) ^{ns}	2,54 (0,70) ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,98
UFRGS 19	Linear	0,08 (0,03) ^{ns}	-	1,00 (0,20)**	0,57 ^{ns}	0,155
URS Torena	Quadrática	0,52 (0,46) ^{ns}	0,05 (0,04) ^{ns}	0,27 (0,92) ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,661
URS 22	Quadrática	0,25 (0,06) ^{ns}	0,02 (0,01) ^{ns}	0,04 (0,13) ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,237
URS Tarimba	Quadrática	1,04 (0,93) ^{ns}	0,10 (0,09) ^{ns}	0,54 (1,83) ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,661
URS Guria	-	-	-	-	-	-
UFRGS 18	Linear	0,12 (0,03)**	-	1,20 (0,15)**	0,87**	0,043

¹ Equação polinomial quadrática $Y=y_0+ax+bx^2$

² Equação polinomial linear $Y=y_0+ax$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Em relação à massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha), houve interação significativa ($P<0,05$) dos fatores genótipo e dose. A significância desta interação denota que a massa seca das plantas dos genótipos avaliados foi afetada de maneira diferenciada pelas doses do herbicida iodosulfuron-methyl testadas.

Para os genótipos onde foi significativa a regressão entre as doses de iodosulfuron-methyl e a média da massa da parte aérea seca das plantas (% em relação à testemunha) foram ajustadas equações lineares, quadráticas, hiperbólicas decrescentes (Figura 2.4 e Tabela 2.3). Em 12 genótipos o modelo ajustado não foi significativo. Nestes casos, não foi possível a determinação do valor da D_{50} para o genótipo. Entretanto, houve ajuste significativo para oito genótipos de aveia. Entre estes materiais, o menor valor de dose necessária para reduzir a massa seca em 50% (D_{50}) foi obtido nas plantas do genótipo URS

Guará, com $5,4 \text{ g ha}^{-1}$ do herbicida iodosulfuron-methyl. Em contraste, as plantas dos genótipos URS 22, URS Tarimba, UFRGS 07Q90016-1 e UFRGS 15, mostraram menor redução da massa seca. Conforme a equação ajustada, a D_{50} estimada para estes genótipos situou-se acima das doses testadas e não foi exposta na Tabela 2.3.

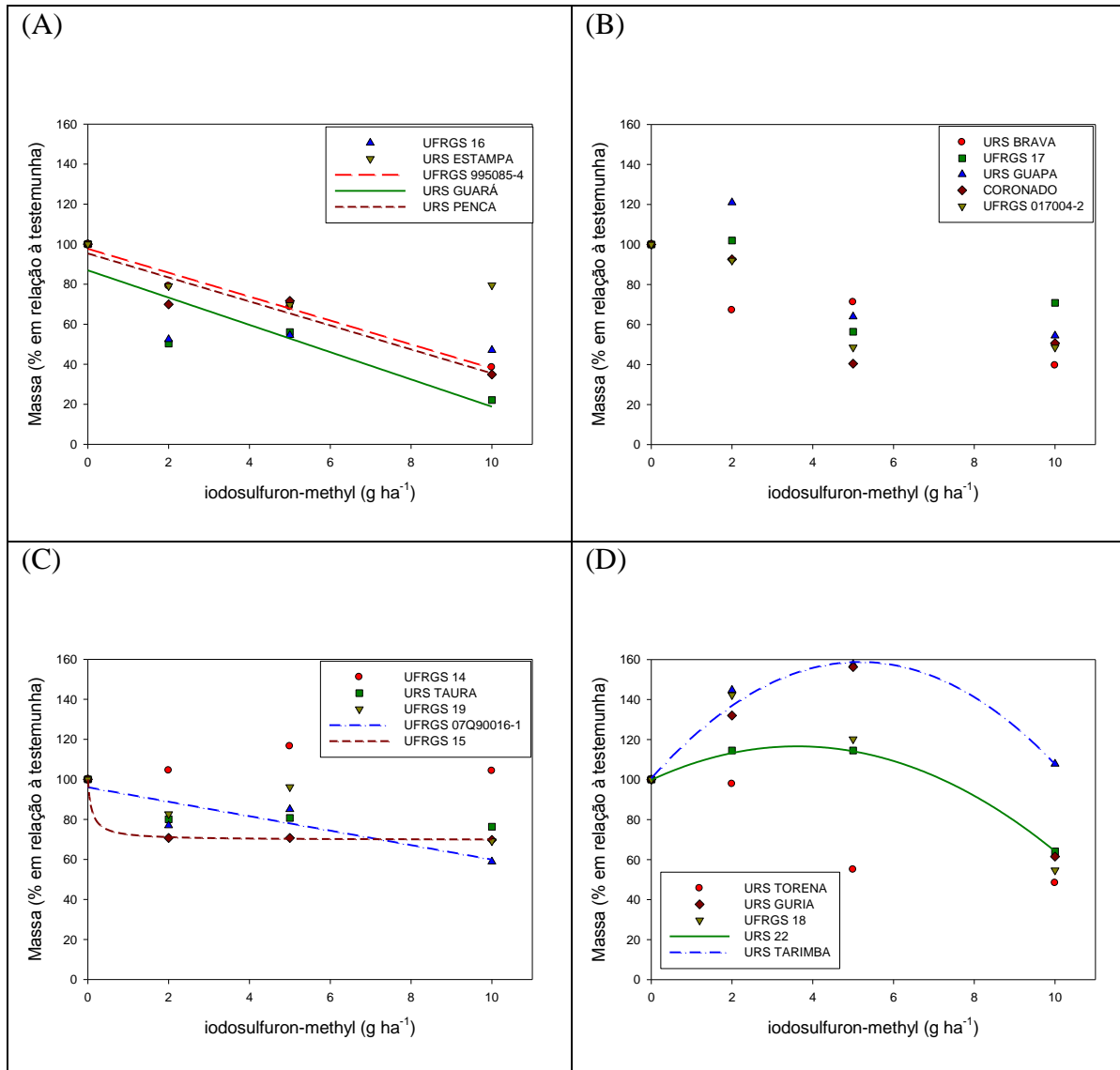


FIGURA 2.4 Valores médios da massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre genótipos em cada dose = 44,2%. Equações na Tabela 2.3. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

TABELA 2.3 Valores dos parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a relação entre a dose de iodosulfuron-methyl e a massa da parte aérea seca de plantas dos genótipos de aveia, aos 30 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁷ D ₅₀	⁸ R ²	⁹ P
		a	b	y ₀			
UFRGS 995085-4	Linear ¹	-5,97 (0,43) ^{5***6}	-	97,66 (2,45) ^{***}	7,96	0,98 ^{***}	<0,01
URS Guará	Linear	-6,81 (2,29) [*]	-	86,92 (13,14) ^{**}	5,4	0,72 [*]	0,097
UFRGS 16	Exp. decresc. ²	88,28 (15,04) ^{**}	0,09 (0,05) ^{ns}	-	-	0,51 ^{ns}	0,179
URS Penca	Linear	-5,99 (1,25) ^{**}	-	95,32 (7,15) ^{***}	7,54	0,88 ^{**}	0,041
URS Estampa	Hip. decresc. ³	25,04 (12,90) ^{ns}	0,20 (1,69) ^{ns}	74,97 (10,26) [*]	-	0,63 ^{ns}	0,354
URS Brava	Linear	-5,42 (1,44) [*]	-	93,18 (8,28) ^{***}	7,93	0,81 [*]	0,064
UFRGS 17	Linear	-3,57 (2,72) ^{ns}	-	97,91 (15,57) ^{**}	-	0,19 ^{ns}	0,319
URS Guapa	Linear	-5,82 (3,09) ^{ns}	-	110,30 (17,71) ^{**}	-	0,46 ^{ns}	0,201
Coronado	Linear	-5,50 (3,02) ^{ns}	-	94,97 (17,32) ^{**}	-	0,44 ^{ns}	0,210
UFRGS 017004-2	Linear	-5,60 (2,27) ^{ns}	-	96,80 (13,01) ^{**}	-	0,63 ^{ns}	0,133
UFRGS 14	Quadrática ⁴	5,33 (2,75) ^{ns}	-0,47 (0,26) ^{ns}	98,38 (5,43) ^{**}	-	0,37 ^{ns}	0,459
URS Taura	Hip. decresc.	23,86 (4,32) ^{ns}	0,62 (0,74) ^{ns}	76,13 (3,60) ^{**}	-	0,95 ^{ns}	0,131
UFRGS 07Q90016-1	Linear	-3,61 (1,24) [*]	-	96,03 (7,08) ^{***}	-	0,72 [*]	0,099
UFRGS 15	Hip. decresc.	30,29 (0,85) ^{**}	0,1 (0,09) ^{ns}	69,71 (0,66) ^{***}	-	0,99 ^{**}	0,021
UFRGS 19	Linear	-2,62 (1,40) ^{ns}	-	98,47 (8,02) ^{***}	-	0,46 ^{ns}	0,202
URS Torena	Linear	-5,76 (2,02) ^{ns}	-	100,45 (11,56) ^{**}	-	0,70 ^{ns}	0,104
URS 22	Quadrática	9,30 (0,32) ^{**}	-1,29 (0,03) ^{**}	99,81 (0,62) ^{***}	-	0,99 ^{**}	0,016
URS Tarimba	Quadrática	22,55 (0,94) ^{**}	-2,18 (0,09) ^{**}	100,55 (1,85) ^{**}	-	0,99 ^{**}	0,04
URS Guria	Quadrática	24,61 (5,56) ^{ns}	-2,80 (0,52) ^{ns}	96,73 (10,95) [*]	-	0,92 ^{ns}	0,161
UFRGS 18	Quadrática	15,11 (7,97) ^{ns}	-2,03 (0,74) ^{ns}	104,69 (15,70) [*]	-	0,81 ^{ns}	0,254

¹ Equação polinomial linear $Y = y_0 + ax$

² Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y = a * e^{(-b*x)}$

³ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y = y_0 + (a*b)/(b+x)$

⁴ Equação polinomial quadrática $Y = y_0 + ax + bx^2$

⁵ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁶ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁷ Dose do herbicida que reduz a massa em 50%.

⁸ Coeficiente de determinação do modelo.

⁹ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

2.3.2 Experimento 2

De maneira semelhante ao primeiro experimento, os genótipos foram organizados nos gráficos em grupos de cinco genótipos. A massa da parte aérea seca dos tratamentos não aspergidos com o herbicida iodosulfuron-methyl foi utilizada como referência para alocação gráfica dos genótipos. Esses foram separados em grupos de cinco numa ordem decrescente de acordo com a massa seca. Na Figura 2.5 está representada na linha pontilhada a média geral da massa da parte aérea das plantas secas e nas linhas tracejadas, mais ou menos o desvio padrão em relação à média geral.

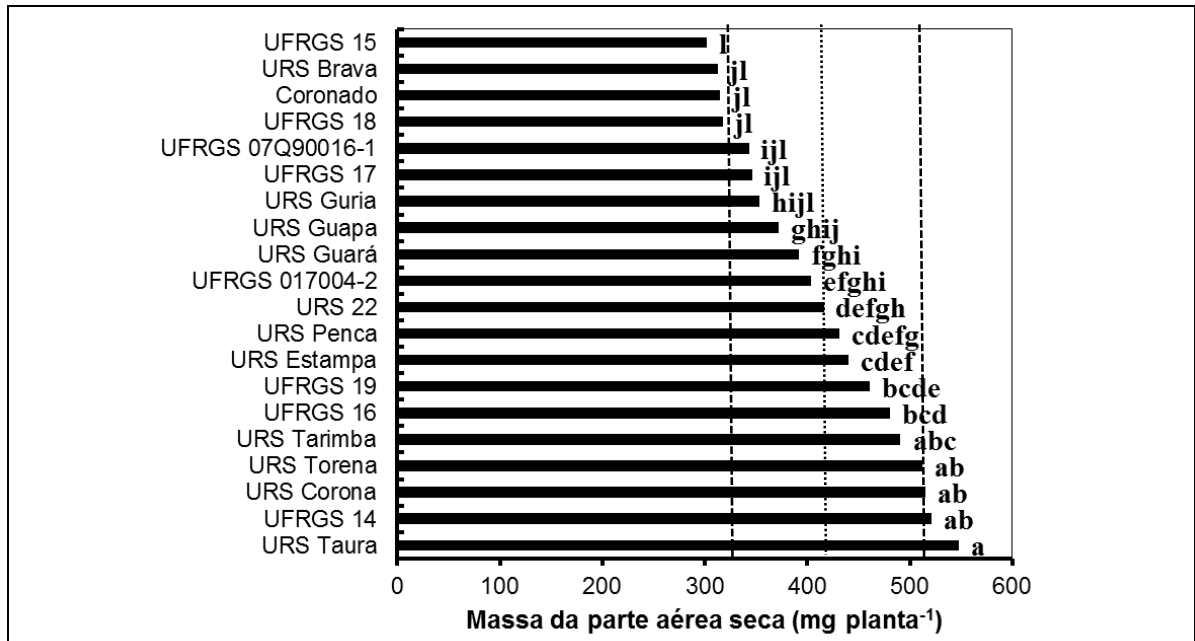


FIGURA 2.5 Médias da massa da parte aérea seca (mg planta⁻¹) de vinte genótipos de aveia não tratadas com o herbicida iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de massa entre genótipos = 66,68 mg. Desvio padrão (δ) = 85,18 mg (----) e média geral = 413,71 mg (....). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

De acordo com a análise de variância para a tolerância relativa aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA houve interação significativa ($P < 0,01$) dos fatores genótipos e doses do herbicida iodosulfuron-methyl. Isto indica que os genótipos de aveia branca avaliados possuem respostas diferenciadas às doses de iodosulfuron-methyl testadas para esta variável.

Na tolerância relativa avaliada aos 7 DAA, as equações exponencial decrescente e hiperbólica decrescente foram as que melhor se ajustaram aos dados médios (Figura 2.6 e Tabela 2.4). Para 15 genótipos de aveia foi obtida regressão significativa entre as doses de iodosulfuron-methyl e a tolerância relativa. Nestes genótipos, numericamente, o menor nível de tolerância relativa foi observado no genótipo URS Taura, com 56% de tolerância quando as plantas foram aspergidas com 20 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl (Figura 2.6 A). Nos demais genótipos a tolerância relativa oscilou entre 63 e 80%, na mesma dose do herbicida (Figura 2.6).

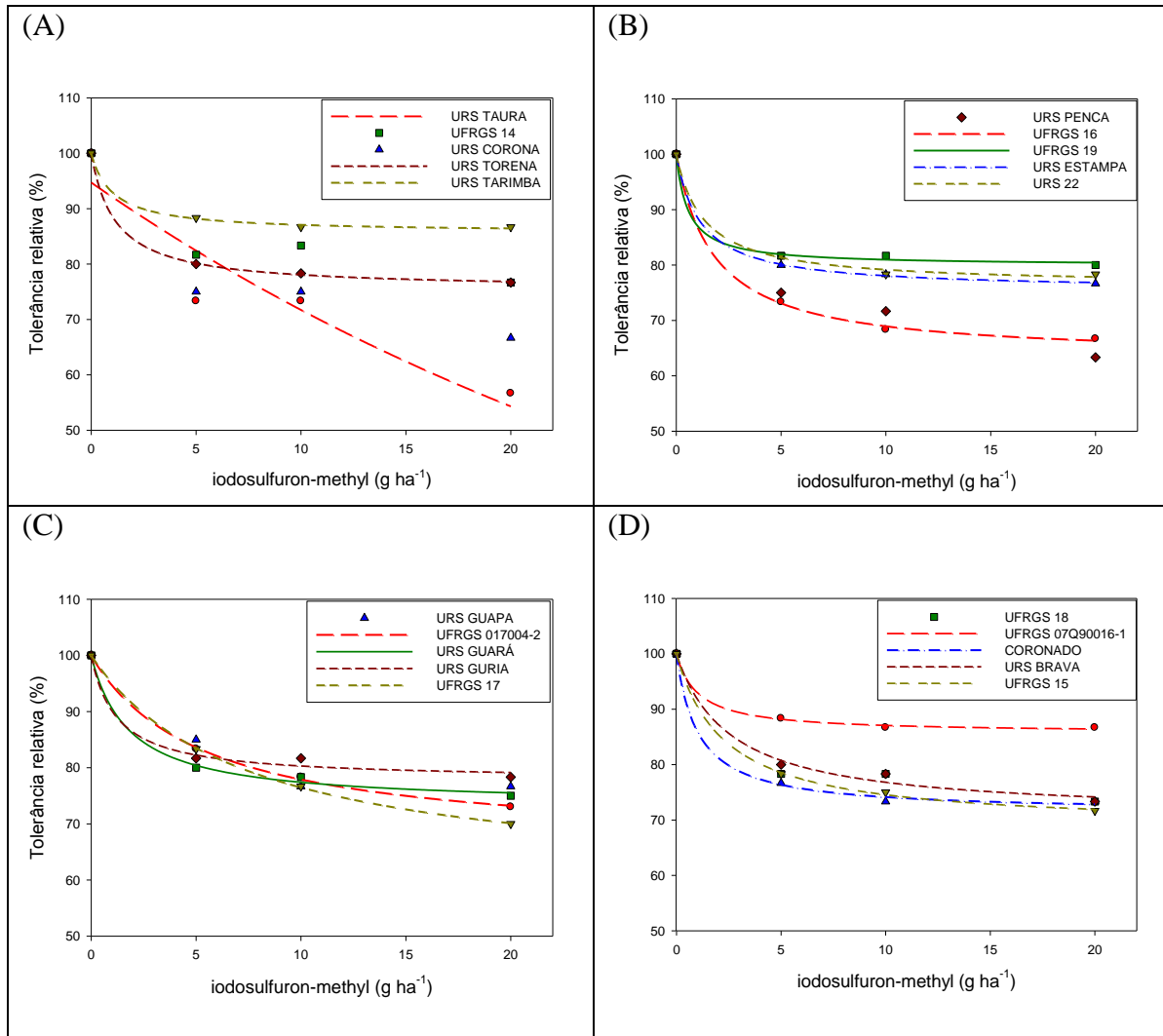


FIGURA 2.6 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 7 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre genótipos em cada dose = 6,3%. Equações na Tabela 2.4. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.4 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 7 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁵ D ₅₀	⁶ R ²	⁷ P
		a	b	y0			
URS Taura	Exp. decresc. ¹	94,69 (6,48) ^{3***4}	0,03 (0,01)*	-	-	0,82*	0,064
UFRGS 14	Hip. decresc. ²	23,75 (7,38) ^{ns}	2,04 (3,02) ^{ns}	76,21 (6,42)*	-	0,86 ^{ns}	0,218
URS Corona	Hip. decresc.	35,67 (8,29) ^{ns}	2,65 (2,54) ^{ns}	64,26 (7,41)*	-	0,92 ^{ns}	0,162
URS Torena	Hip. decresc.	24,50 (0,62)**	1,16 (0,20) ^{ns}	75,50 (0,52)***	-	0,99**	0,019
URS Tarimba	Hip. decresc.	14,27 (0,86)**	1,03 (0,46) ^{ns}	85,73 (0,71)***	-	0,99**	0,044
UFRGS 16	Hip. decresc.	36,73 (1,38)**	1,82 (0,35) ^{ns}	63,27 (1,19)**	-	0,99**	0,027
UFRGS 19	Hip. decresc.	20,11 (1,46)**	0,56 (0,50) ^{ns}	79,89 (1,17)***	-	0,99*	0,053
URS Estampa	Hip. decresc.	24,50 (0,62)**	1,16 (0,20) ^{ns}	75,50 (0,52)***	-	0,99**	0,019
URS Penca	Hip. decresc.	42,57 (6,39)*	3,98 (2,05) ^{ns}	57,35 (5,99)*	-	0,97 ^{ns}	0,100
URS 22	Hip. decresc.	23,63 (1,81)**	1,33 (0,64) ^{ns}	76,38 (1,52)**	-	0,99*	0,056
UFRGS 017004-2	Hip. decresc.	33,96 (1,51)**	5,37 (0,73)*	66,01 (1,46)**	-	0,99**	0,028
URS Guará	Hip. decresc.	26,68 (2,16)*	1,81 (0,75) ^{ns}	73,31 (1,86)**	-	0,98*	0,058
URS Guapa	Hip. decresc.	29,49 (6,84) ^{ns}	3,99 (3,17) ^{ns}	70,61 (6,41)*	-	0,93 ^{ns}	0,154
URS Guria	Hip. decresc.	22,12 (3,04)*	1,23 (1,11) ^{ns}	77,87 (2,53)**	-	0,97*	0,099
UFRGS 17	Hip. decresc.	40,97 (0,91)**	7,41 (0,45)**	59,01 (0,91)***	-	0,99**	0,013
UFRGS 07Q90016-1	Hip. decresc.	14,27 (0,86)**	1,03 (0,46) ^{ns}	85,73 (0,71)***	-	0,99**	0,044
UFRGS 18	Hip. decresc.	27,56 (4,66) ^{ns}	1,64 (1,51) ^{ns}	72,42 (3,98)**	-	0,96 ^{ns}	0,122
Coronado	Hip. decresc.	28,57 (1,72)**	1,04 (0,47) ^{ns}	71,44 (1,42)**	-	0,99**	0,044
URS Brava	Hip. decresc.	29,14 (3,84)*	2,58 (1,42) ^{ns}	70,82 (3,43)**	-	0,97*	0,093
UFRGS 15	Hip. decresc.	31,29 (1,12)**	2,30 (0,37) ^{ns}	68,70 (0,99)***	-	0,99**	0,026

¹ Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y=a*e^{-(b*x)}$

² Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y0+(a*b)/(b+x)$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁵ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para os dados médios de tolerância relativa de plantas ao herbicida determinado aos 14 DAA, a equação hiperbólica decrescente foi a que apresentou maior ajuste (Figura 2.7 e Tabela 2.5). Este modelo de equação possibilitou ajuste significativo para 17 genótipos de aveia. De maneira semelhante ao observado na tolerância relativa aos 7 DAA, não se verificou nível de tolerância inferior a 50% nesta segunda época de avaliação (Figura 2.7).

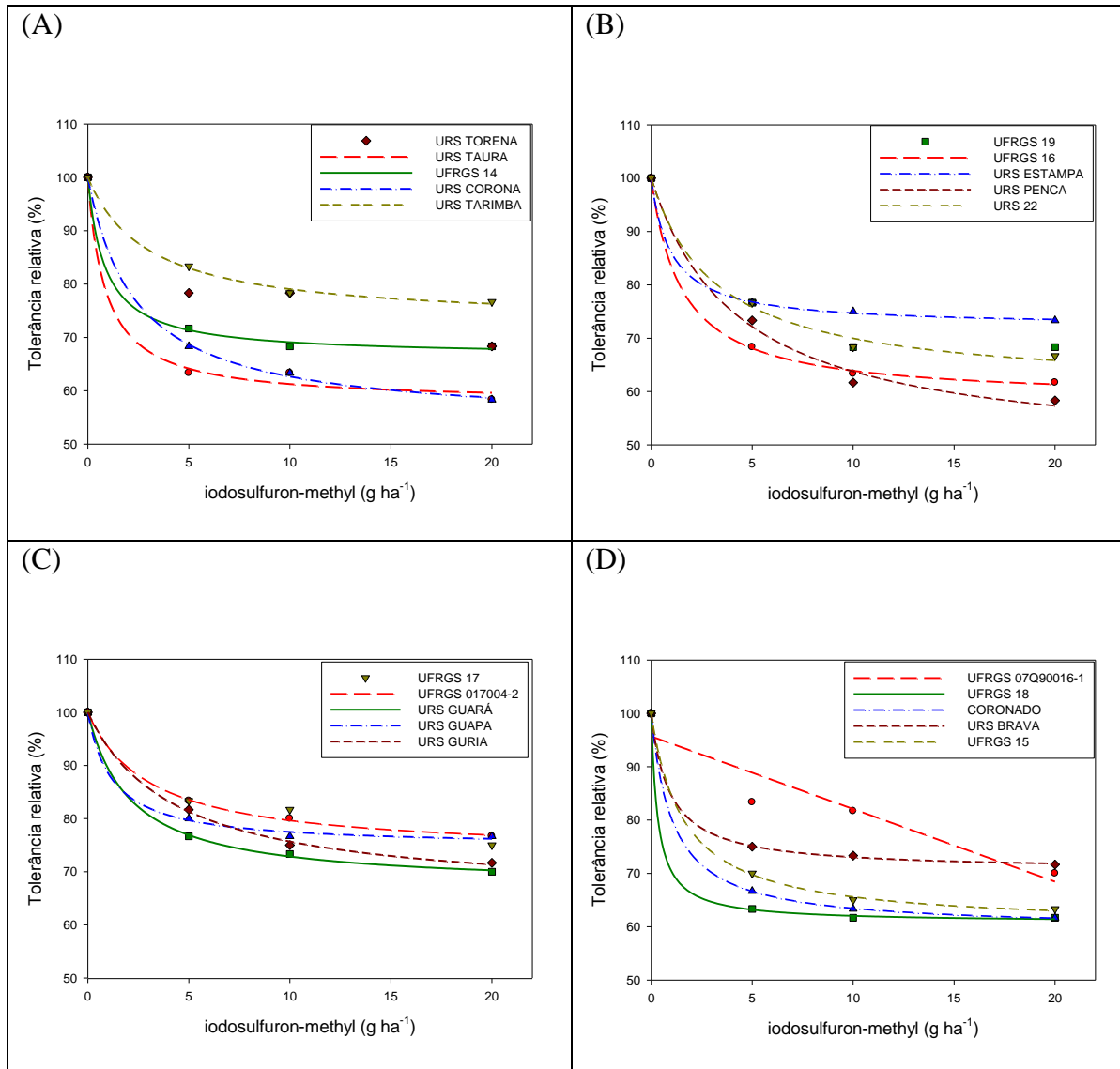


FIGURA 2.7 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 14 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 5,7%. Equações na Tabela 2.5. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.5 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 14 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁵ D ₅₀	⁶ R ²	⁷ P
		a	b	y ₀			
URS Taura	Hip. decresc. ¹	42,16 (4,45) ^{3*4}	0,88 (0,79) ^{ns}	57,83 (3,64)**	-	0,98*	0,077
UFRGS 14	Hip. decresc.	33,53 (1,67)**	0,85 (0,37) ^{ns}	66,48 (1,36)**	-	0,99**	0,036
URS Corona	Hip. decresc.	46,18 (1,67)**	2,37 (0,37)*	53,81 (1,47)**	-	0,99**	0,026
URS Torena	Hip. decresc.	36,10 (11,20) ^{ns}	4,31 (4,43) ^{ns}	63,73 (10,60) ^{ns}	-	0,88 ^{ns}	0,201
URS Tarimba	Hip. decresc.	27,28 (1,86)**	3,00 (0,80) ^{ns}	72,74 (1,68)**	-	0,99**	0,047
UFRGS 16	Hip. decresc.	41,59 (1,27)**	1,52 (0,26) ^{ns}	58,41 (1,07)**	-	0,99**	0,022
UFRGS 19	Hip. decresc.	37,19 (5,57)*	2,60 (1,63) ^{ns}	62,86 (4,97)*	-	0,97 ^{ns}	0,105
URS Estampa	Hip. decresc.	27,80 (0,64)**	0,99 (0,18) ^{ns}	72,20 (0,53)***	-	0,99**	0,017
URS Penca	Hip. decresc.	51,96 (6,25)*	4,30 (1,72) ^{ns}	48,13 (5,91)*	-	0,98*	0,079
URS 22	Hip. decresc.	39,68 (4,38)*	3,19 (1,33) ^{ns}	60,36 (3,99)**	-	0,98*	0,076
UFRGS 017004-2	Hip. decresc.	26,72 (1,02)**	3,12 (0,45)*	73,27 (0,93)***	-	0,99**	0,027
URS Guar	Hip. decresc.	32,87 (1,14)**	2,11 (0,34) ^{ns}	67,12 (0,99)**	-	0,99**	0,025
URS Guapa	Hip. decresc.	25,26 (1,77)**	1,21 (0,57) ^{ns}	74,75 (1,48)**	-	0,99*	0,051
URS Guria	Hip. decresc.	34,85 (1,99)**	4,30 (0,81) ^{ns}	65,18 (1,88)**	-	0,99**	0,038
UFRGS 17	Hip. decresc.	29,36 (6,12) ^{ns}	4,51 (3,06) ^{ns}	70,54 (5,82)*	-	0,95 ^{ns}	0,135
UFRGS 07Q90016-1	Linear ²	-1,36 (0,34)*	-	95,67 (3,95)***	-	0,83*	0,059
UFRGS 18	Hip. decresc.	39,20 (0,75)**	0,33 (0,12) ^{ns}	60,80 (0,59)***	-	0,99**	0,014
Coronado	Hip. decresc.	40,42 (0,24)***	1,06 (0,05)**	59,58 (0,19)***	-	0,99***	<0,01
URS Brava	Hip. decresc.	29,43 (0,64)**	0,91 (0,16) ^{ns}	70,57 (0,52)***	-	0,99**	0,016
UFRGS 15	Hip. decresc.	39,98 (1,29)**	1,61 (0,29) ^{ns}	60,03 (1,10)**	-	0,99**	0,023

¹ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y_0+(a*b)/(b+x)$

² Equação polinomial linear $Y=y_0 + ax$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁵ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equao pelo teste t.

Os dados médios de tolerância relativa obtidos aos 21 DAA foram ajustados às equaoes polinomiais lineares, exponenciais decrescentes e hiperbólicas decrescentes (Figura 2.8 e Tabela 2.6). Em 17 genótipos de aveia houve regressão significativa entre as doses de iodosulfuron-methyl e a tolerância relativa de plantas. Nesta avaliao foram verificados níveis de tolerância relativa inferior a 50% em alguns genótipos. Numericamente, os menores valores de D₅₀ foram obtidos em plantas dos genótipos URS 22 e URS Taura, com 3,98 e 5,86 g ha⁻¹ respectivamente (Tabela 2.6). Em contraste, as plantas dos genótipos UFRGS 14, UFRGS 017004-2, URS Guará, UFRGS 07Q90016-1, URS Guria e UFRGS 17 apresentaram as menores reduoes na tolerância relativa quando aspergidas com 5 e 10 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl (Figura 2.8 A, C e D).

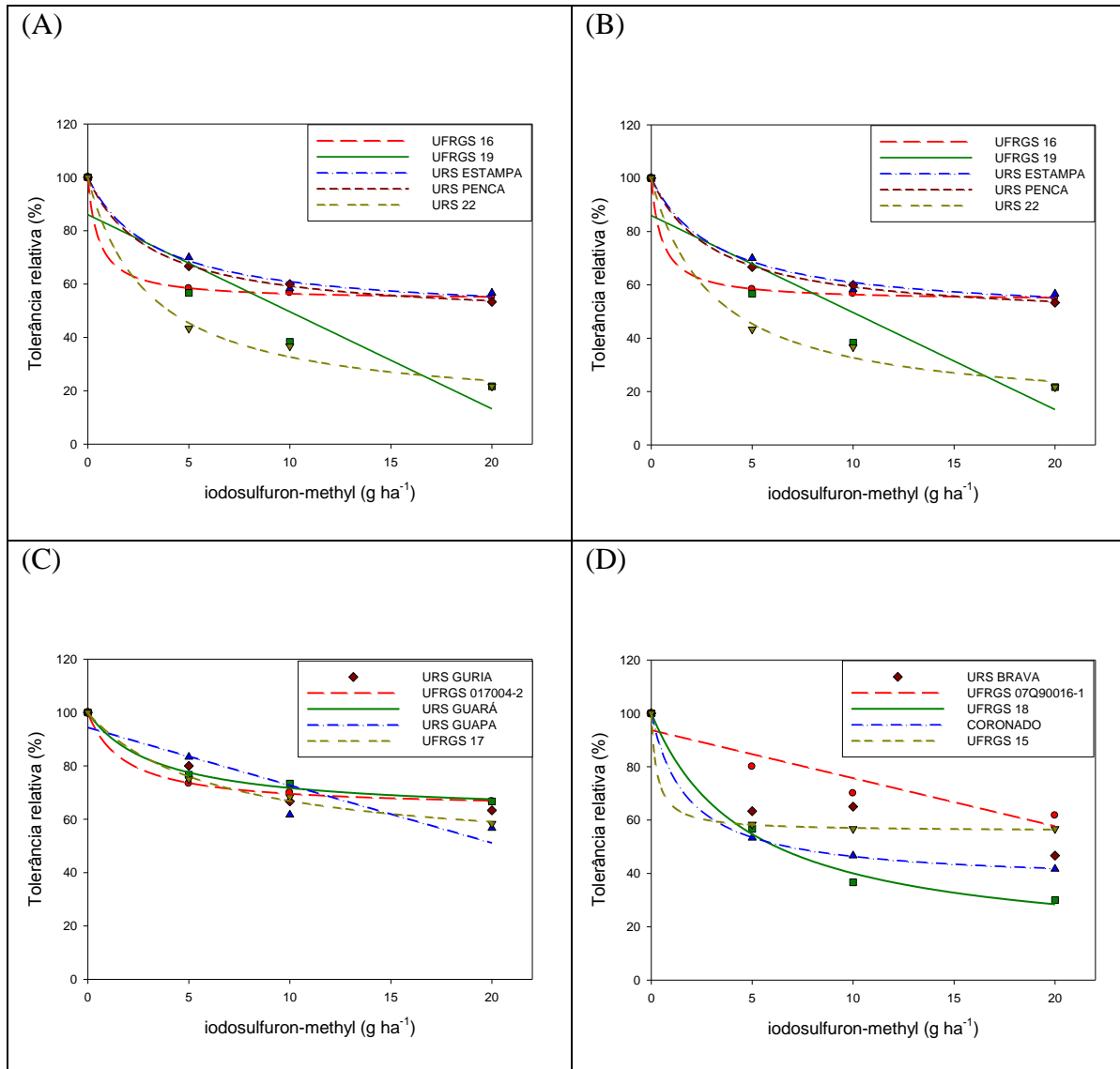


FIGURA 2.8 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 7,6%. Equações na Tabela 2.6. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.6 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁶ D ₅₀	⁷ R ²	⁸ P
		a	b	y0			
URS Taura	Exp. decresc. ¹	94,75 (13,15)**	0,11 (0,03)*	-	5,86	0,85*	0,052
UFRGS 14	Hip. decresc. ²	29,76 (1,10)**	2,52 (0,40)*	70,24 (0,98)***	-	0,99**	0,026
URS Corona	Linear ³	-2,30 (0,74) ⁴ * ⁵	-	91,33 (8,46)***	-	0,74*	0,090
URS Torena	Hip. decresc.	64,32 (8,89)*	4,15 (1,93) ^{ns}	35,81 (8,37) ^{ns}	14,6	0,97*	0,092
URS Tarimba	Hip. decresc.	104,82 (53,90) ^{ns}	11,86 (14,01) ^{ns}	-3,60 (55,55) ^{ns}	-	0,85 ^{ns}	0,221
UFRGS 16	Hip. decresc.	45,99 (0,68)***	0,53 (0,10) ^{ns}	54,01 (0,54)***	-	0,99**	0,011
UFRGS 19	Linear	-3,64 (1,09)*	-	86,00 (12,47)**	9,84	0,77*	0,079
URS Estampa	Hip. decresc.	52,08 (6,92)*	3,29 (1,63) ^{ns}	48,00 (6,34)*	-	0,98*	0,091
URS Penca	Hip. decresc.	53,47 (2,04)**	3,12 (0,45)*	46,51 (1,86)**	-	0,99**	0,027
URS 22	Hip. decresc.	87,72 (10,59)*	3,04 (1,42) ^{ns}	12,18 (9,61) ^{ns}	3,98	0,98*	0,084
UFRGS 017004-2	Hip. decresc.	36,03 (1,18)**	1,81 (0,30) ^{ns}	63,96 (1,01)**	-	0,99**	0,024
URS Guar	Hip. decresc.	38,15 (4,48)*	3,51 (1,49) ^{ns}	61,79 (4,14)**	-	0,98*	0,080
URS Guapa	Linear	-2,16 (0,65)*	-	94,33 (7,45)***	-	0,77*	0,08
URS Guria	Linear	-1,73 (0,63) ^{ns}	-	92,67 (7,21)***	-	0,69 ^{ns}	0,110
UFRGS 17	Hip. decresc.	53,57 (5,56)*	6,20 (1,86) ^{ns}	46,32 (5,48)*	-	0,99*	0,062
UFRGS 07Q90016-1	Linear	-1,80 (0,50)*	-	93,67 (5,75)***	-	0,80*	0,070
UFRGS 18	Hip. decresc.	88,87 (10,57)*	4,77 (1,81) ^{ns}	11,30 (10,12) ^{ns}	6,17	0,98*	0,077
Coronado	Hip. decresc.	63,41 (0,79)***	1,82 (0,12)**	36,58 (0,68)**	6,71	0,99***	<0,01
URS Brava	Linear	-2,31 (0,88) ^{ns}	-	89,00 (10,04)**	-	0,67 ^{ns}	0,119
UFRGS 15	Hip. decresc.	44,19 (0,74)**	0,29 (0,11) ^{ns}	55,81 (0,59)***	-	0,99**	0,012

¹ Equao exponencial decrescente 2 parâmetros $Y=a*e^{-(b*x)}$

² Equao hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y0+(a*b)/(b+x)$

³ Equao polinomial linear $Y= y0 + ax$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁶ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁷ Coeficiente de determinao do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equao pelo teste t.

Na avaliao da tolerância relativa, determinada aos 28 DAA, foram ajustadas as equaes polinomiais lineares, exponenciais decrescentes e hiperbólicas decrescentes (Figura 2.9 e Tabela 2.7). Houve regressão significativa entre as doses de iodosulfuron-methyl e a tolerância relativa para 15 genótipos de aveia. Dentre estes genótipos, as plantas dos genótipos URS 22 e URS Taura obtiveram numericamente as menores D₅₀ para esta variável. Contudo, não foi possível a determinao da D₅₀ para as plantas dos genótipos UFRGS 14 e URS Guará no intervalo de doses testados nesta época de avaliao (Tabela 2.7).

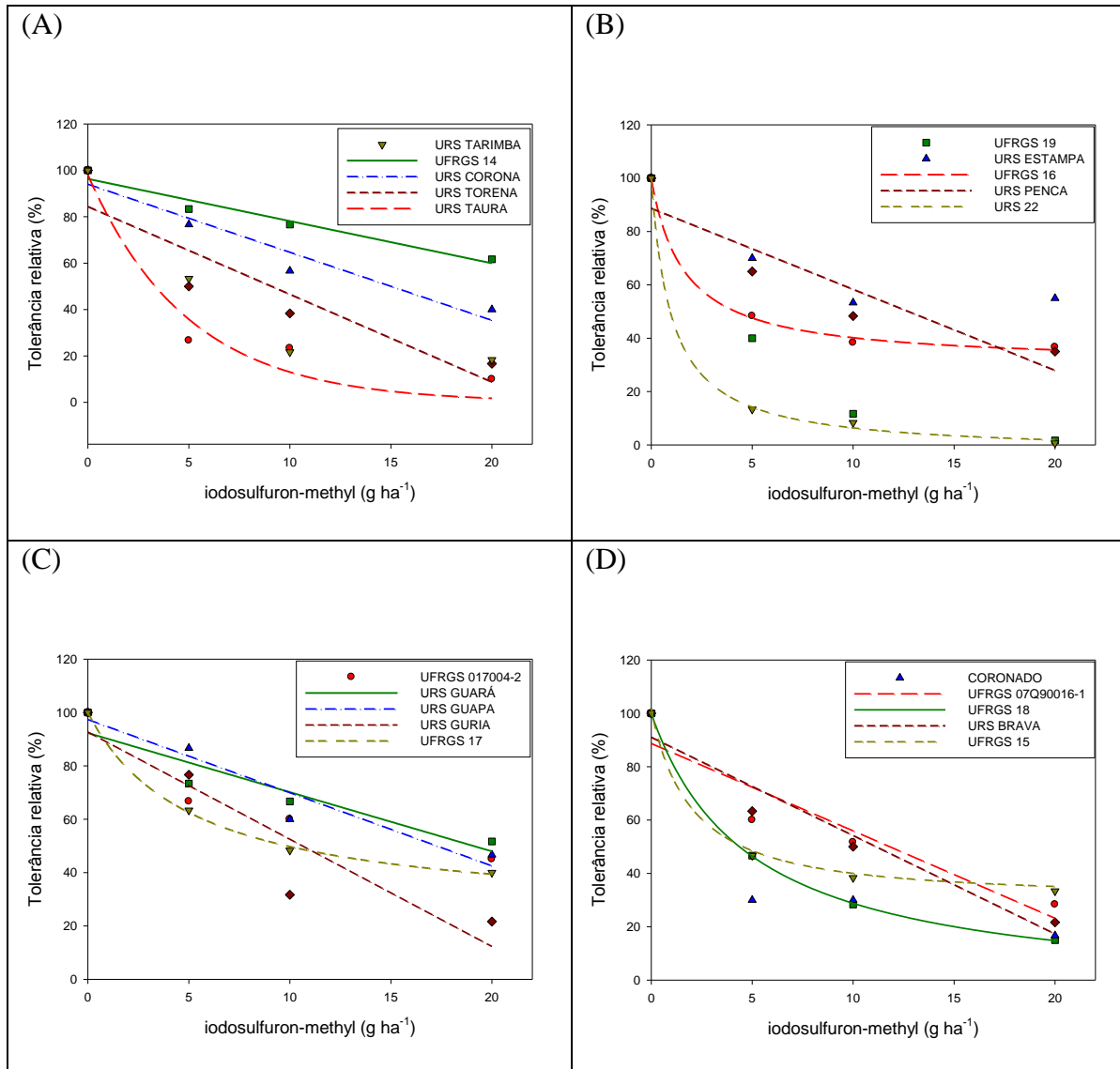


FIGURA 2.9 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 10,9%. Equações na Tabela 2.7. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.7 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁶ D ₅₀	⁷ R ²	⁸ p
		a	b	y0			
URS Taura	Exp. decresc. ¹	98,20 (11,34) ⁴ ** ⁵	0,20 (0,05)*	-	3,35	0,92**	0,027
UFRGS 14	Linear ²	-1,82 (0,28)**	-	96,33 (3,19)***	-	0,93**	0,023
URS Corona	Linear	-2,93 (0,54)**	-	94,00 (6,22)***	15	0,90**	0,033
URS Torena	Linear	-3,78 (1,18)*	-	84,33 (13,57)**	9,06	0,75*	0,086
URS Tarimba	Hip. decresc. ³	109,43 (27,81) ^{ns}	5,49 (4,21) ^{ns}	-8,91 (27,06) ^{ns}	-	0,93 ^{ns}	0,157
UFRGS 16	Hip. decresc.	69,67 (4,17)**	1,64 (0,53) ^{ns}	30,35 (3,56)*	4,14	0,99*	0,043
UFRGS 19	Linear	-4,53 (1,77) ^{ns}	-	78,00 (20,24)*	-	0,65 ^{ns}	0,124
URS Estampa	Hip. decresc.	56,29 (14,58) ^{ns}	3,54 (3,30) ^{ns}	43,89 (13,47) ^{ns}	-	0,91 ^{ns}	0,174
URS Penca	Linear	-3,04 (0,89)*	-	88,67 (10,24)**	12,7	0,78*	0,077
URS 22	Hip. decresc.	103,00 (4,30)**	1,00 (0,32) ^{ns}	-3,01 (3,55) ^{ns}	0,94	0,99**	0,031
UFRGS 017004-2	Hip. decresc.	70,22 (12,11) ^{ns}	6,33 (3,13) ^{ns}	29,53 (11,96) ^{ns}	-	0,97 ^{ns}	0,103
URS Guará	Linear	-2,22 (0,58)*	-	92,33 (6,65)***	-	0,82*	0,062
URS Guapa	Linear	-2,74 (0,55)**	-	97,33 (6,30)***	17,25	0,89**	0,038
URS Guria	Linear	-4,02 (1,16)*	-	92,67 (13,32)**	10,6	0,78*	0,075
UFRGS 17	Hip. decresc.	76,39 (4,53)**	5,17 (0,95) ^{ns}	23,69 (4,37) ^{ns}	9,77	0,99**	0,038
UFRGS 07Q90016-1	Linear	-3,28 (0,86)*	-	88,67 (9,86)**	11,8	0,82*	0,063
UFRGS 18	Hip. decresc.	106,09 (1,46)**	4,89 (0,21)**	-6,06 (1,40) ^{ns}	4,35	0,99***	<0,01
Coronado	Hip. decresc.	85,23 (12,16)*	1,30 (1,18) ^{ns}	14,74 (10,19) ^{ns}	-	0,97 ^{ns}	0,104
URS Brava	Linear	-3,69 (0,68)**	-	91,00 (7,80)***	11,09	0,90**	0,033
UFRGS 15	Hip. decresc.	72,79 (0,20)***	1,82 (0,03)***	27,21 (0,17)***	3,98	0,99***	<0,01

¹ Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y=a*e^{-(b*x)}$

² Equação linear $Y= y0 + ax$

³ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y0+(a*b)/(b+x)$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁶ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para os dados médios de tolerância relativa avaliada aos 35 DAA foram utilizadas as mesmas equações ajustadas para avaliação aos 28 DAA (Figura 2.10 e Tabela 2.8). Houve ajuste significativo na regressão entre doses de iodosulfuron-methyl e tolerância relativa de plantas ao herbicida para 14 genótipos de aveia. Em ordem crescente numericamente, as menores D₅₀ foram obtidas nas plantas dos genótipos Coronado, URS 22, URS Taura, UFRGS 15 e UFRGS 18. Em contraste, numericamente, os maiores valores de tolerância relativa foram observados nas plantas dos genótipos UFRGS 017004-2, URS Corona, URS Guapa, URS Penca e URS Guria. Para sete genótipos os valores de D₅₀ estimados para esta variável situaram-se acima da maior dose testada (Tabela 2.8).

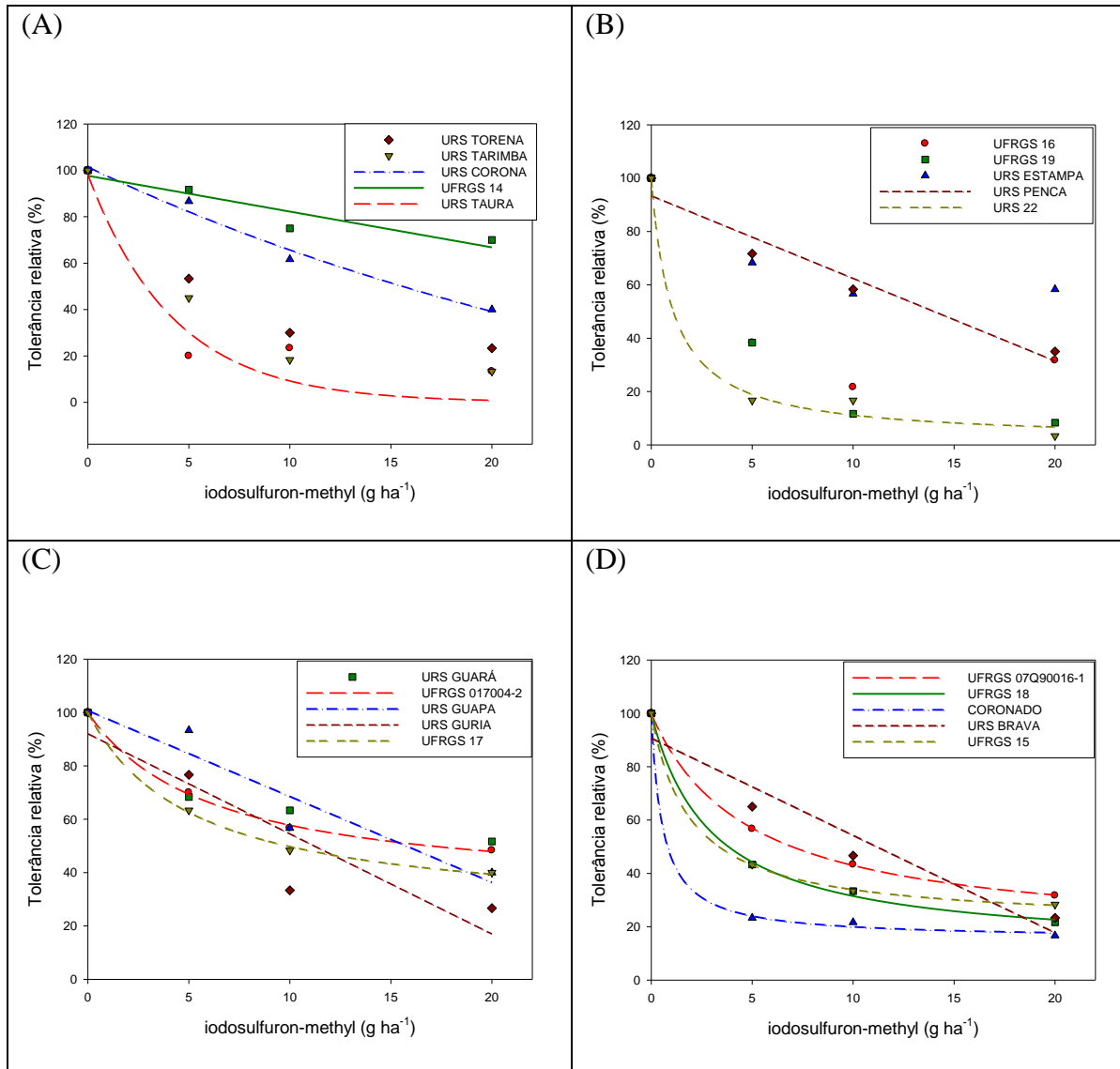


FIGURA 2.10 Valores médios de tolerância relativa (%) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 12%. Equações na Tabela 2.8. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.8 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas dos genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁶ D ₅₀	⁷ R ²	⁸ p
		a	b	y0			
URS Taura	Exp. decresc. ¹	98,35 (15,11) ^{4**5}	0,24 (0,09) ^{ns}	-	2,81	0,86**	0,047
UFRGS 14	Linear ²	-1,54 (0,40)*	-	97,67 (4,61)***	-	0,82*	0,062
URS Corona	Linear	-3,08 (0,37)**	-	99,00 (4,24)***	15,9	0,96**	0,014
URS Torena	Linear	-3,54 (1,41) ^{ns}	-	82,67 (16,11)**	-	0,64 ^{ns}	0,128
URS Tarimba	Hip. decresc. ³	109,08 (17,32) ^{ns}	4,32 (2,27) ^{ns}	8,82 (16,39) ^{ns}	-	0,97 ^{ns}	0,104
UFRGS 16	Hip. decresc.	76,64 (17,30) ^{ns}	0,91 (1,70) ^{ns}	23,39 (14,19) ^{ns}	-	0,92 ^{ns}	0,163
UFRGS 19	Linear	-4,16 (1,92) ^{ns}	-	76,00 (22,03)*	-	0,55 ^{ns}	0,163
URS Estampa	Hip. decresc.	48,76 (9,02) ^{ns}	2,28 (1,89) ^{ns}	51,30 (7,94)*	-	0,95 ^{ns}	0,131
URS Penca	Linear	-3,10 (0,51)**	-	93,33 (5,79)***	13,95	0,92**	0,026
URS 22	Hip. decresc.	98,23 (12,00)*	1,06 (0,95) ^{ns}	1,75 (9,92) ^{ns}	1,09	0,98*	0,089
UFRGS 017004-2	Hip. decresc.	68,05 (3,82)**	6,07 (0,99) ^{ns}	32,03 (3,75)*	16,87	0,99**	0,034
URS Guará	Linear	-2,15 (0,78) ^{ns}	-	89,66 (8,95)***	-	0,69 ^{ns}	0,111
URS Guapa	Linear	-3,22 (0,73)**	-	100,67 (8,31)***	15,71	0,86**	0,047
URS Guria	Linear	-3,75 (1,19)*	-	92,00 (13,61)**	11,2	0,75*	0,087
UFRGS 17	Hip. decresc.	76,39 (4,53)**	5,17 (0,95) ^{ns}	23,69 (4,37) ^{ns}	9,77	0,99**	0,038
UFRGS 07Q90016-1	Hip. decresc.	84,50 (1,29)***	4,81 (0,23)**	15,48 (1,24)*	6,95	0,99***	<0,01
UFRGS 18	Hip. decresc.	88,82 (4,80)**	2,97 (0,63) ^{ns}	11,14 (4,35) ^{ns}	3,81	0,99**	0,038
Coronado	Hip. decresc.	84,54 (3,58)**	0,56 (0,29) ^{ns}	15,46 (2,88) ^{ns}	0,81	0,99**	0,031
URS Brava	Linear	-3,65 (0,73)**	-	90,67 (8,31)***	11,12	0,89**	0,037
UFRGS 15	Hip. decresc.	78,94 (1,26)**	1,93 (0,15)**	21,07 (1,09)**	3,33	0,99**	0,012

¹ Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y=a*e^{-(b*x)}$

² Equação polinomial linear $Y= y0 + ax$

³ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y0+(a*b)/(b+x)$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁶ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a variável observada de estatura de plantas (% em relação à testemunha), avaliada aos 35 DAA, houve interação significativa ($P<0,01$) dos fatores genótipos e doses do herbicida. Para esta variável a equação hiperbólica decrescente foi a que proporcionou melhor ajuste aos dados médios (Figura 2.11 e Tabela 2.9). Em 16 genótipos de aveia houve ajuste significativo para a regressão entre as doses de iodosulfuron-methyl e a estatura de plantas. Nestes genótipos foram calculadas as D₅₀ para a variável estatura. As plantas dos genótipos URS Taura e Coronado apresentaram numericamente as menores D₅₀, respectivamente 8,7 e 8,9 g ha⁻¹. Em plantas de dez genótipos, os valores de D₅₀ estimados para a variável estatura situaram-se acima da maior dose testada (Figura 2.11 e Tabela 2.9).

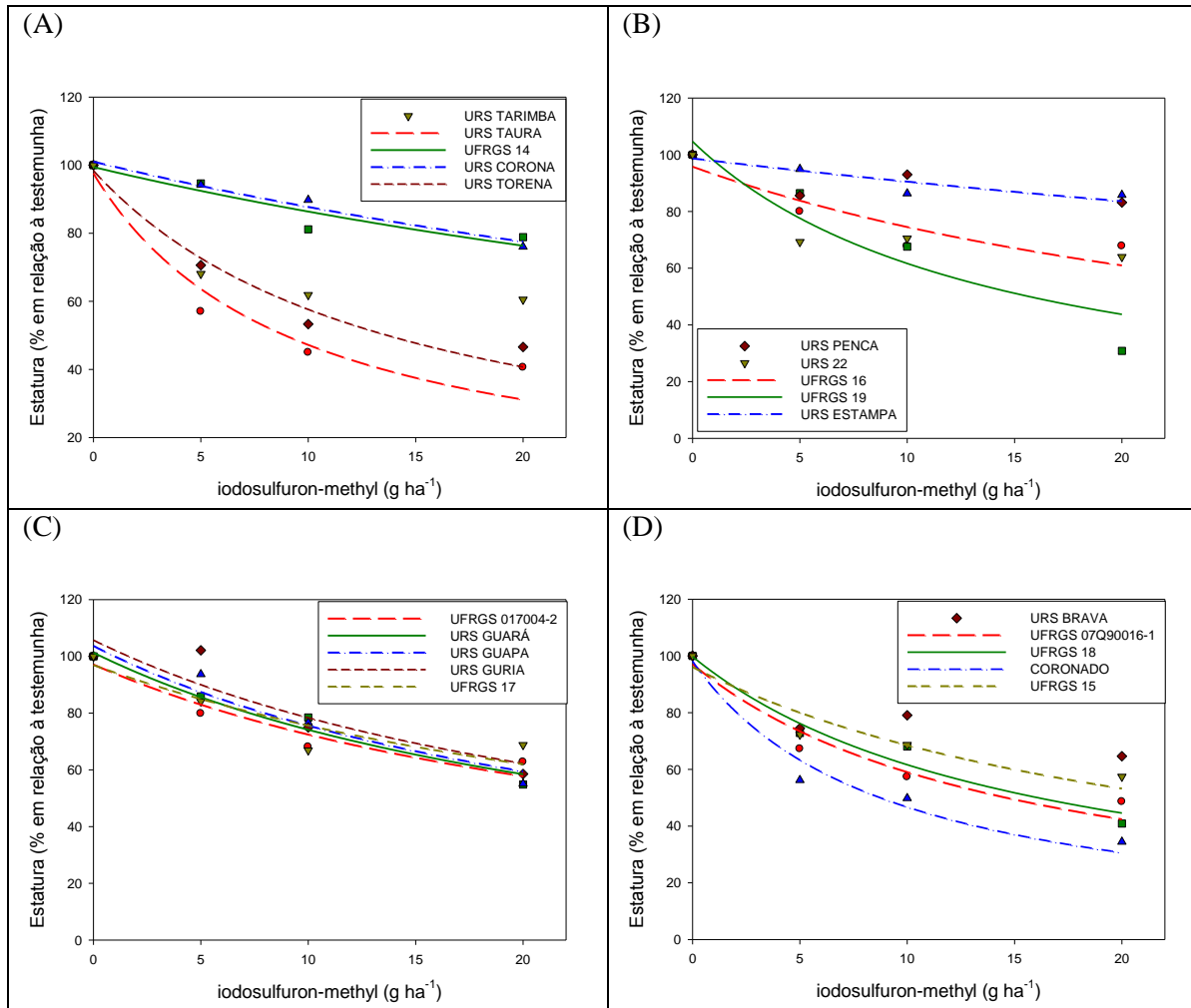


FIGURA 2.11 Estatura de plantas (% em relação à testemunha) de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 14,8%. Equações na Tabela 2.9. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.9 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a estatura das plantas dos genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Parâmetros da equação de regressão		⁴ D ₅₀	⁵ R ²	⁶ P
	a	b			
URS Taura	97,63 (8,28) ^{2***3}	9,35 (2,62)*	8,91	0,90**	0,033
UFRGS 14	99,46 (3,70)***	66,00 (19,82)*	-	0,82*	0,063
URS Corona	101,01 (1,64)***	65,93 (8,62)**	-	0,96**	0,012
URS Torena	98,43 (5,20)***	14,10 (2,72)**	13,6	0,95**	0,018
URS Tarimba	93,93 (9,92)**	24,02 (11,30) ^{ns}	-	0,66 ^{ns}	0,122
UFRGS 16	95,76 (6,99)***	34,99 (13,78) ^{ns}	-	0,73*	0,095
UFRGS 19	104,67 (11,67)**	14,34 (5,85) ^{ns}	15,65	0,83*	0,057
URS Estampa	98,64 (2,85)***	110,91 (38,36) ^{ns}	-	0,74*	0,089
URS Penca	96,59 (5,05)***	122,71 (83,41) ^{ns}	-	0,34 ^{ns}	0,253
URS 22	93,27 (9,30)***	32,41 (16,71) ^{ns}	-	0,59 ^{ns}	0,148
UFRGS 017004-2	97,09 (5,00)***	29,32 (7,41)*	-	0,89**	0,039
URS Guará	101,31 (3,71)***	27,27 (4,73)**	-	0,95**	0,016
URS Guapa	103,65 (5,45)***	26,88 (6,64)*	-	0,91**	0,031
URS Guria	105,68 (9,10)***	28,62 (11,95) ^{ns}	-	0,77*	0,081
UFRGS 17	96,90 (7,18)***	35,44 (14,26) ^{ns}	-	0,72*	0,097
UFRGS 07Q90016-1	97,06 (6,27)***	15,50 (3,76)*	14,47	0,91**	0,030
UFRGS 18	99,76 (5,43)***	16,17 (3,35)**	16,05	0,94**	0,019
Coronado	98,16 (6,10)***	9,06 (1,85)**	8,7	0,95**	0,017
URS Brava	95,30 (7,19)***	38,45 (16,51) ^{ns}	-	0,70 ^{ns}	0,107
UFRGS 15	96,05 (6,19)***	24,84 (7,24)*	-	0,86**	0,048

¹ Equação hiperbólica decrescente 2 parâmetros $Y=(a*b)/(b+x)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁴ Dose do herbicida que reduz a estatura em 50%.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

A análise de variância do número de perfilhos, avaliado aos 35 DAA, também apresentou interação significativa ($P < 0,01$) para os fatores genótipos e doses do herbicida. Os dados médios desta variável foram ajustados a três modelos de equações: polinomial (linear e quadrático) e exponencial crescente (Figura 2.12 e Tabela 2.10). Em 14 genótipos de aveia houve ajuste significativo para a regressão entre dose de iodosulfuron-methyl e número de perfilhos. Nos genótipos cuja equação ajustada foi a quadrática, constatou-se aumento no número de perfilhos até 10 g ha^{-1} do herbicida e decréscimo no perfilhamento das plantas para doses mais elevadas. Nos genótipos onde houve ajuste da equação linear, observou-se acréscimo no número de perfilhos proporcional ao aumento da dose do herbicida.

Nos genótipos onde houve ajuste da equação exponencial crescente, constatou-se incremento no número de perfilhos com o incremento da dose de iodosulfuron-methyl nas menores doses (até 10 g ha^{-1} de iodosulfuron-methyl), atingindo uma assíntota máxima nas maiores doses. Situação identificada principalmente nas plantas dos genótipos UFRGS 07Q90016-1, UFRGS 18, URS Brava, URS Torena, UFRGS 017004-2, URS Guará, URS Guapa, URS Penca, URS Estampa e UFRGS 17. Para surpresa, houve baixo ndice de perfilhamento em algumas plantas das testemunhas (Figura 2.12).

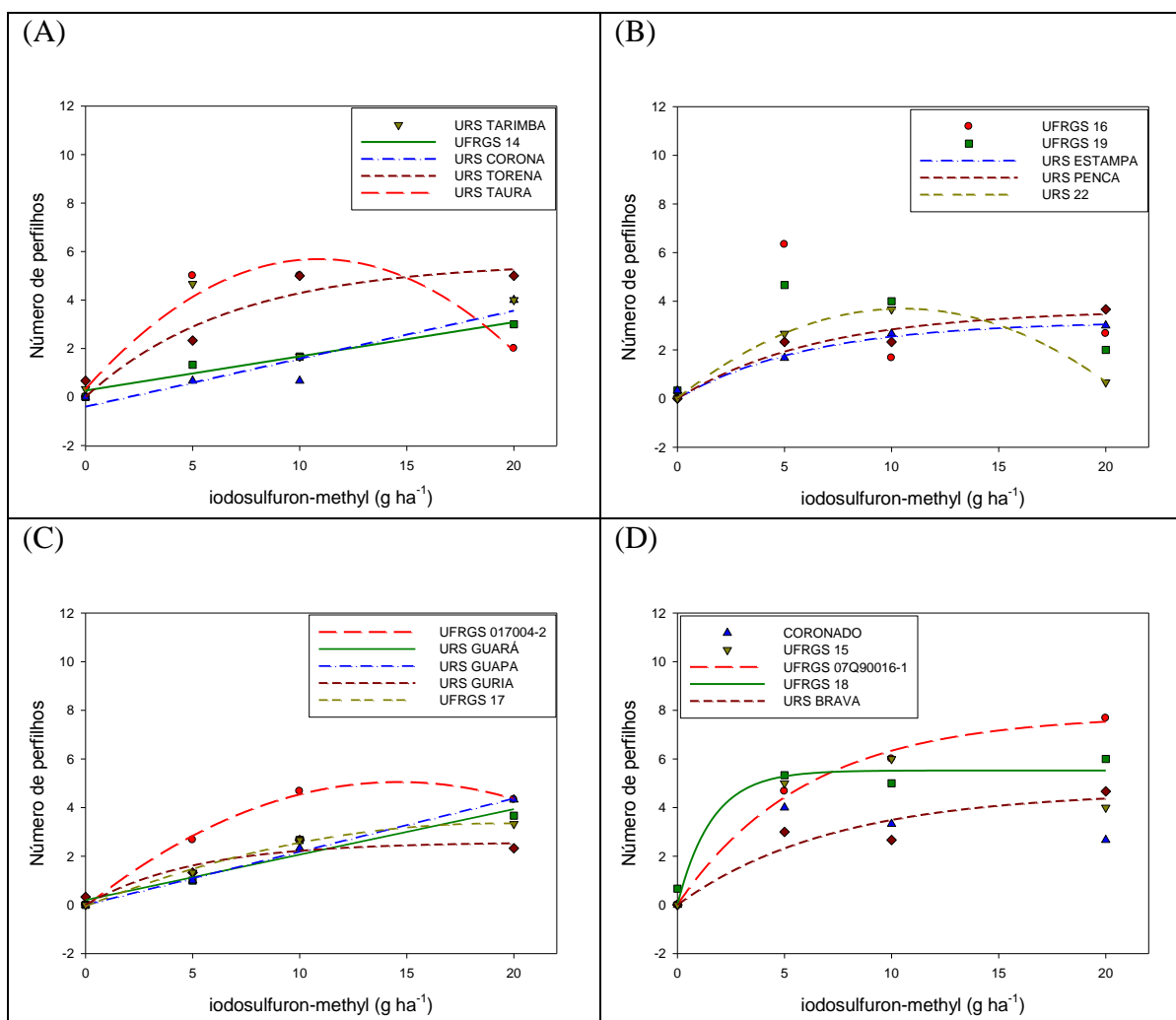


FIGURA 2.12 Número de perfilhos de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinado aos 35 DAA de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 2,5. Equações na Tabela 2.10. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.10 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre o número de perfilhos das plantas dos genótipos de aveia, aos 35 DAA. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁶ R ²	⁷ P
		a	b	y0		
URS Taura	Quadrática ¹	0,99 (0,28) ^{4ns5}	-0,05 (0,01) ^{ns}	0,33 (1,10) ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,270
UFRGS 14	Linear ²	0,14 (0,02)**	-	0,27 (0,25) ^{ns}	0,93**	0,023
URS Corona	Linear	0,20 (0,05)*	-	-0,40 (0,60) ^{ns}	0,82*	0,063
URS Torena	Exp. cresc ³	5,56 (1,25)**	0,15 (0,09) ^{ns}	-	0,85*	0,051
URS Tarimba	Linear	0,12 (0,14) ^{ns}	-	1,60 (1,64) ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,484
UFRGS 16	Quadrática	0,52 (1,00) ^{ns}	-0,02 (0,05) ^{ns}	1,18 (3,96) ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,89
UFRGS 19	Quadrática	0,76 (0,33) ^{ns}	-0,04 (0,02) ^{ns}	0,72 (1,31) ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,401
URS Estampa	Exp. cresc	3,17 (0,36)**	0,16 (0,05)*	-	0,95**	0,016
URS Penca	Exp. cresc	3,66 (0,71)**	0,15 (0,08) ^{ns}	-	0,90**	0,034
URS 22	Quadrática	0,70 (0,002) ^{***}	-0,03 (1x10 ⁻⁵) ^{***}	0,0003 (0,0009) ^{ns}	0,99***	<0,01
UFRGS 017004-2	Quadrática	0,70 (0,05)**	-0,02 (0,003)*	-0,06 (0,21) ^{ns}	0,99*	0,060
URS Guará	Linear	0,19 (0,03)**	-	0,20 (0,38) ^{ns}	0,91**	0,031
URS Guapa	Linear	0,22 (0,01) ^{***}	-	-1,18x10 ⁻¹¹ (0,10) ^{ns}	0,99***	<0,01
URS Guria	Exp. cresc	2,59 (0,54)**	0,20 (0,13) ^{ns}	-	0,81*	0,067
UFRGS 17	Quadrática	0,35 (0,05)*	-0,009 (0,002) ^{ns}	0,06 (0,19) ^{ns}	0,98*	0,076
UFRGS 07Q90016-1	Exp. cresc	7,81 (0,42) ^{***}	0,17 (0,03) ^{**}	-	0,99***	<0,01
UFRGS 18	Exp. cresc	5,53 (0,51) ^{***}	0,63 (0,71) ^{ns}	-	0,92**	0,027
Coronado	Quadrática	0,64 (0,34) ^{ns}	-0,03 (0,02) ^{ns}	0,40 (1,34) ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,461
URS Brava	Exp. cresc	4,67 (1,28)*	0,14 (0,09) ^{ns}	-	0,84*	0,056
UFRGS 15	Quadrática	1,06 (0,19) ^{ns}	-0,04 (0,01) ^{ns}	0,22 (0,73) ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,167

¹ Equação quadrática $Y=y_0+ax+bx^2$

² Equação linear $Y=y_0+ax$

³ Equação exponencial crescente 2 parâmetros $Y=a*(1-e^{-b*x})$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a massa da parte aérea das plantas secas (% em relação à testemunha) foi constatada interação significativa ($P<0,01$) dos fatores genótipos e doses do herbicida na análise de variância. Os dados médios desta variável apresentaram melhor adequação ao modelo de equação exponencial decrescente (Figura 2.13 e Tabela 2.11). Foram obtidos ajustes significativos para 14 genótipos com esta equação. Numericamente, as menores D_{50} foram observadas nas plantas dos genótipos URS Taura, URS 22 e UFRGS 19 (Tabela 2.11). Nas plantas dos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Estampa, URS Penca, URS Guapa, UFRGS 07Q90016-1 e UFRGS 017004-2 foram observadas as menores reduções de massa seca (Figura 2.13). Convém destacar que não foram obtidas regressões significativas para os três primeiros genótipos citados (Tabela 2.11).

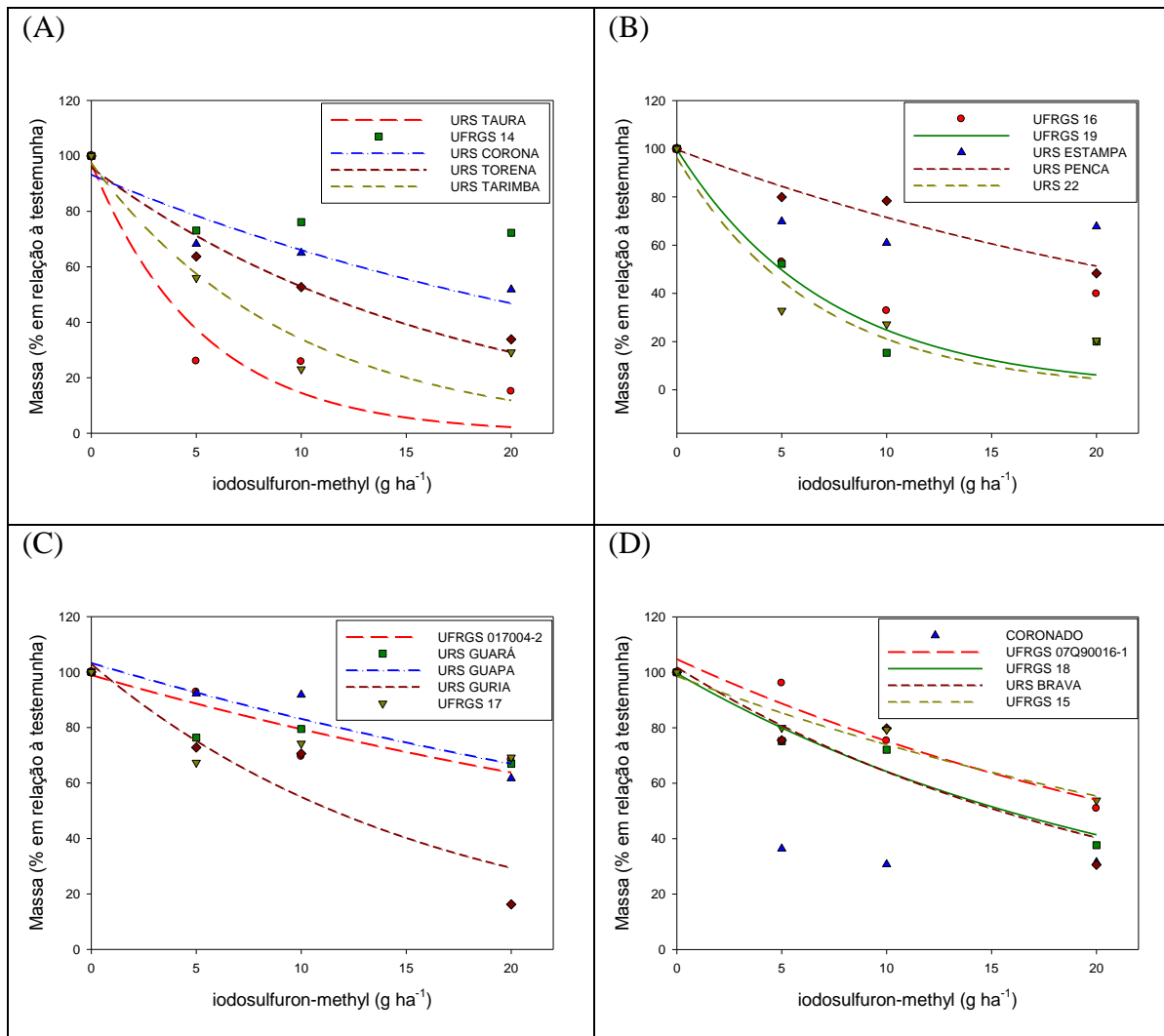


FIGURA 2.13 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de vinte genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, determinada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos em cada dose = 10,5%. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 2.11 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de genótipos de aveia, aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Parâmetros da equação de regressão		⁴ D ₅₀	⁵ R ²	⁶ P
	a	b			
URS Taura	97,47 (14,62) ^{2***3}	0,19 (0,07) ^{ns}	3,51	0,86**	0,048
UFRGS 14	91,10 (8,87)***	0,02 (0,01) ^{ns}	-	0,32 ^{ns}	0,263
URS Corona	93,19 (8,04)***	0,03 (0,01)*	-	0,79*	0,073
URS Torena	95,81 (6,21)***	0,06 (0,01)**	10,83	0,94**	0,021
URS Tarimba	97,45 (14,02)**	0,11 (0,03)*	6,06	0,83*	0,060
UFRGS 16	92,18 (16,73)**	0,08 (0,03) ^{ns}	-	0,64 ^{ns}	0,127
UFRGS 19	99,77 (11,74)**	0,14 (0,04)*	4,93	0,91**	0,032
URS Estampa	88,98 (12,24)**	0,02 (0,02) ^{ns}	-	0,27 ^{ns}	0,283
URS Penca	99,64 (5,26)***	0,03 (0,01)**	-	0,92**	0,028
URS 22	96,39 (14,77)**	0,15 (0,05)*	4,37	0,83*	0,057
UFRGS 017004-2	98,87 (6,88)***	0,02 (0,01)*	-	0,73*	0,093
URS Guará	94,19 (6,58)***	0,02 (0,01) ^{ns}	-	0,67 ^{ns}	0,117
URS Guapa	103,24 (6,24)***	0,02 (0,01)*	-	0,80*	0,068
URS Guria	102,87 (13,32)**	0,06 (0,02)*	12,01	0,83*	0,060
UFRGS 17	89,31 (11,00)**	0,02 (0,01) ^{ns}	-	0,21 ^{ns}	0,313
UFRGS 07Q90016-1	104,70 (5,58)***	0,03 (0,01)**	-	0,92**	0,028
UFRGS 18	99,63 (6,16)***	0,04 (0,01)**	17,2	0,92**	0,025
Coronado	92,95 (19,22)**	0,11 (0,05) ^{ns}	-	0,65 ^{ns}	0,125
URS Brava	101,78 (11,99)**	0,05 (0,02) ^{ns}	14,21	0,78*	0,075
UFRGS 15	98,56 (4,72)***	0,03 (0,01)**	-	0,91**	0,030

¹ Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y=ae^{(-b*x)}$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo

⁴ Dose do herbicida que reduz a massa da parte aérea seca em 50%.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

2.4 DISCUSSÃO

A discussão dos dados, neste e nos demais capítulos desta dissertação, será realizada de acordo com o modelo proposto por Vidal (2010) que consta de cinco tópicos principais: descrição da hipótese; síntese das evidências que suportam (ou não) a hipótese através da análise conjunta das variáveis avaliadas; extrapolação dos resultados para outras condições experimentais (comparação com outros experimentos descritos na literatura); condições em que a hipótese não se aplica (antítese); ao final, a síntese da ciência envolvida no capítulo.

Neste capítulo foram avaliadas duas hipóteses. A primeira hipótese era de que a tolerância das plantas de aveia branca ao iodosulfuron-methyl dependeria da dose e do genótipo utilizado. Todas as variáveis avaliadas nestes experimentos permitiram diferenciar a tolerância ao herbicida nos genótipos testados. Contudo, houve maiores evidências para esta hipótese nas variáveis de massa da parte aérea de plantas seca (Figuras 2.4 e 2.13) e tolerância relativa aos 35 DAA (Figura 2.10). Nessas duas variáveis se identificaram as maiores variações numéricas entre os genótipos em relação à dose responsável pela redução de 50% da respectiva variável. Porém, os dados médios da massa da parte aérea de plantas secas obtidos no segundo experimento (Tabela 2.11) permitiram maior número de regressões significativas em comparação aos do primeiro experimento (Tabela 2.3). Especula-se que condições de temperatura elevada durante a condução do primeiro experimento, realizado em outubro, reduziram a atividade do herbicida. Portanto, um segundo experimento foi realizado com o dobro das doses do primeiro, numa época com temperaturas mais amenas (temperatura máxima média= 20,78°C e temperatura mínima média= 12,89°C). Quando o herbicida iodosulfuron-methyl foi utilizado na dose de 10 g ha⁻¹, os genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guapa e UFRGS 017004-2 foram mais tolerantes em comparação a Coronado, URS Taura e URS 22 (Figuras 2.13 e 2.10; Tabelas 2.11 e 2.8). Ressalta-se que essa dose corresponde ao dobro da dose registrada para o controle de espécies de aveia daninha em cereais (Brasil, 2015).

Alguns estudos da literatura também indicam a tolerância aos herbicidas inibidores da ALS em genótipos de aveia branca (Cargnin *et al.*, 2006; MacRae *et al.*, 2007; Nunes *et al.*, 2007; Hartwig *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2014). Quando aspergido o herbicida metsulfuron-methyl em quatro genótipos de aveia branca (UPF 18, OR 2, UPF 19 e

UFRGS 19), não se constataram reduções no rendimento de grãos (Cargnin *et al.*, 2006). Também foram observadas tolerância em genótipos de aveia branca aos herbicidas inibidores da ALS tribenuron-methyl (MacRae *et al.*, 2007), cloransulam (Nunes *et al.*, 2007), bispyribac-sodium e penoxsulam (Hartwig *et al.*, 2008); e prosulfuron (Soltani *et al.*, 2014).

No entanto, na literatura há relatos de sensibilidade de determinados genótipos de aveia preta e aveia branca ao herbicida iodosulfuron-methyl. Em um trabalho se observaram níveis de controle acima de 80% para plantas de ambas as espécies quando avaliadas aos 40 DAA (Vargas e Roman, 2005). De modo similar, plantas do genótipo de aveia branca Horizon 32 apresentaram nível de injúria até 86%, quando avaliado aos 35 dias após a aplicação de mesosulfuron-methyl (MacRae *et al.*, 2007).

A segunda hipótese testada nesse capítulo foi de que a resposta à dose poderia ser linear ou exponencial decrescente, dependendo da sensibilidade do genótipo ao herbicida testado. De modo geral, ocorreram ajustes dos dados às equações lineares e exponenciais decrescentes tanto nos dados médios de genótipos de menor sensibilidade quanto nos de maior sensibilidade ao iodosulfuron-methyl. Por exemplo, no modelo de equação linear houve declividade negativa da reta (parâmetro **a**) em ambos os tipos de genótipos (sensíveis e tolerantes). Porém, com variação de amplitude, de acordo com a sensibilidade do genótipo às doses do herbicida avaliadas.

A equação logística é um modelo convencionalmente utilizado em experimentos com análise da resposta a dose. Porém, não foi avaliado este modelo em função da necessidade de quatro doses no trabalho. Para a obtenção de regressão significativa com a equação logística seriam necessários ao menos seis tratamentos de doses de herbicida (Kruse *et al.*, 2006).

Corroborando com a hipótese testada nesse capítulo, na literatura é relatada a adequação ao modelo de equação polinomial linear para os dados de massa de plantas secas do genótipo de aveia branca Albasul sensíveis ao imazethapyr (Hartwig *et al.*, 2008). Ademais, regressões lineares também foram estabelecidas para os dados de biomassa de plantas de seis genótipos de *Cucurbita pepo* L. submetidas ao herbicida inibidor da ALS halosulfuron, onde se obteve ajuste ao modelo de equação polinomial linear para os dados médios de biomassa de todos os genótipos, independentemente da sensibilidade ao herbicida (Webster *et al.*, 2003).

Apesar do comportamento de perfilhamento de plantas em resposta as doses do herbicida não constar entre as hipóteses testadas, identificou-se um aumento na variável de número de perfilhos em função da dose do herbicida utilizada (Figuras 2.3 e 2.12; Tabelas 2.10 e 2.2). Na literatura não existem muitas informações sobre esse comportamento. Teoriza-se que o aumento do perfilhamento possa está relacionado a mudanças no balanço de hormônios endógenos, presumidamente a auxina que exerce um papel importante na dominância apical. Embora o efeito de herbicidas inibidores da ALS nos níveis de auxina endógena não seja esclarecido em demais pesquisas (Ogasawara *et al.*, 1995). Também é possível que a ação do herbicida sobre o colmo principal seja maior em relação aos perfilhos. O meristema apical principal é o reservatório primário do herbicida enquanto os ápices dos perfilhos são mais fracos. Como resultado, o colmo principal é mais afetado em detrimento aos perfilhos. A translocação do herbicida para os perfilhos é reduzida em comparação ao colmo principal. Este fato aliado à perda da dominância apical, por meio da supressão do colmo principal, conduziria ao aumento do número de perfilhos (Chao *et al.*, 1993). No entanto, ambas as teorias não excluem a possibilidade do envolvimento de outros mecanismos na geração desta condição.

Como síntese do conhecimento, o modelo de equação ajustada não apresenta relação com o grau de sensibilidade do genótipo ao herbicida avaliado. A resposta dos genótipos de aveia branca ao iodosulfuron-methyl investigados nesse capítulo suporta a hipótese que há tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em plantas de aveia branca. Além disso, a tolerância depende do genótipo e da dose do herbicida utilizados.

Os resultados obtidos neste trabalho tem utilidade para o manejo de plantas daninhas na cultura da aveia. Foram identificados diversos genótipos utilizados no programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS com tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl. Os resultados desse trabalho têm o potencial de beneficiar a agricultura. Entre os benefícios diretos destacam-se a oferta de mais opções de herbicidas com baixa toxicidade aos mamíferos para o controle de plantas daninhas de forma eficiente, econômica e ambientalmente segura.

2.5 CONCLUSÕES

Os genótipos de aveia branca avaliados apresentam diferentes níveis de tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl. Plantas dos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guapa e UFRGS 017004-2 mostraram reduzida sensibilidade ao herbicida.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, J., et al. **Prairie oat growers manual**. Alberta-Canada: University of Alberta, 2010. 98 p. Disponível em: <http://www.poga.ca/assets/Files/POGAdocuments/2013/oatgrowermanual_uofa.pdf>. Acesso em: 25 jan.2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários-AGROFIT**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

CHAO, J. F.; HSIAO, A. I.; QUICK, W. A. Effects of imazamethabenz on the main shoot growth and tillering of wild oat (*Avena fatua* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 12, n.1, p. 141-147, 1993.

CARGNIN, A. et al. Uso de herbicidas seletivos na produção de aveia branca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 139-143, 2006.

FLOSS, E. L., et al. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

HARTWIG, I., et al. Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (als). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 361-368, 2008.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever a associação de herbicidas inibidores do fotossistema ii e da síntese de carotenoides. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 579-587, 2006.

MACRAE, A. W.; CULPEPPER, A. S.; GREY, T. L. Oat and rye tolerance to mesosulfuron and tribenuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 21, n. 4, p. 938-940, 2007.

NUNES, A. L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.

OGASAWARA, M. et al. Effects of pyrazosulfuron-ethyl and imazaquin on the tuber formation and shoot tillering of yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L. **Weed Research**, Tokyo, v. 40, n. 3, p. 215-217, 1995.

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.

SASKATCHEWAN. Ministry of Agriculture. **Guide to crop protection 2015: weeds, plant diseases and insects**. Disponível em: <<http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=d281d596-7317-42f1-ac86-898fa5908d18>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

SOLTANI, N. et al. Weed management in spring seeded barley, oats, and wheat with prosulfuron. **International Journal of Agronomy**, New York, v. 2014, n. 1, p. 1-5, 2014.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grain: world markets and trade**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

VARGAS, L. e ROMAN, E. S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 1-10, 2005.

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

WEBSTER, T. M.; CULPEPPER, A. S.; JOHNSON III, W. C. Response of squash and cucumber cultivars to halosulfuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 173-176, 2003.

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DE IODOSULFURON-METHYL EM AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

RESUMO

As condições ambientais podem afetar a seletividade dos herbicidas às culturas. Cinco experimentos em campo foram conduzidos num período de 3 anos (2012 a 2014), na Estação Experimental Agronômica, da UFRGS, localizada em Eldorado do Sul, RS. Adicionalmente, conduziu-se um experimento em casa de vegetação em Porto Alegre, RS (2014), para avaliar como a temperatura após a aplicação impacta a tolerância de genótipos de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl. Em dois experimentos, conduzidos em 2012, não se observou diferença na tolerância dos genótipos URS Guará e URS Guria ao herbicida iodosulfuron-methyl em relação ao horário de aspersão (10:00, 13:00 e 16:00 horas). As plantas foram mais tolerantes ao iodosulfuron-methyl quando o herbicida foi aplicado em meses com temperaturas do ar elevadas. No experimento conduzido em casa de vegetação (2014), com o genótipo sensível URS Taura, a dose de iodosulfuron-methyl necessária para promover 50% injúria nas plantas incrementou-se de forma proporcional à temperatura do ar (entre 10 e 32°C) na semana posterior à aplicação. No experimento de 2013, iodosulfuron-methyl, na dose de 5 g ha⁻¹, afetou o rendimento de grãos dos genótipos URS Guará e URS Guria e não reduziu o rendimento de grãos do genótipo UFRGS 14, enquanto os genótipos URS Taura e UFRGS 18 foram comparativamente mais sensíveis ao herbicida. Em contraste, nos experimentos de 2014, o rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia foi comprometido mesmo quando utilizados apenas 2,5 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl.

CHAPTER 3 - ASSESSMENT OF IODOSULFURON-METHYL SELECTIVITY IN OAT (*Avena sativa* L.) IN DIFFERENT CONDITIONS OF FIELD APPLICATION

ABSTRACT

The environmental conditions may affect the selectivity of herbicides ALS to the crops. Five field experiments were conducted over a 3 year period (2012-2014) at the Agronomy Research Station from UFRGS, located in Eldorado do Sul, RS. Also, an experiment was conducted at the greenhouse in Porto Alegre, RS (2014), to evaluate how the temperature after the herbicide spray affects the oat genotypes tolerance to the herbicide iodosulfuron-methyl. On two experiments, conducted in 2012, there was no difference in the tolerance of genotypes URS Guara and URS Guria to the herbicide when sprayed at the times of 10:00, 13:00 and 16:00. The plants were more tolerant to iodosulfuron-methyl when the herbicide was sprayed in months with warm air temperatures. On the experiment conducted in the greenhouse (2014), with the sensitive genotype URS Taura, the iodosulfuron-methyl rate needed for 50% crop injury increased proportionately to the air temperature (from 10 to 32°C) on the week after the herbicide spray. On the 2013 experiment, iodosulfuron-methyl, at 5 g ha⁻¹, affected the grain yield of the oat genotypes URS Guará and URS Guria and did not reduce the yield of UFRGS 14, whereas the genotypes URS Taura and UFRGS 18 were comparatively more sensitive to the herbicide. In contrast, on the 2014 experiments, the oat grain yield of five genotypes was affected even when used only 2,5 g ha⁻¹ of the herbicide iodosulfuron-methyl.

3.1 INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas representa um dos fatores limitantes à produtividade da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) (Rizzardi e Serafini, 2001). O iodosulfuron-methyl é um herbicida pertencente aos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) que foi introduzido mundialmente em 1999. Esse herbicida controla mais de 50 espécies de plantas daninhas de modo seletivo às culturas do trigo, centeio e cevada. Tanto as espécies daninhas Magnoliopsidas *Cirsium arvense* (L.) Scop. e *Raphanus* ssp. quanto as Liliopsidas *Avena strigosa* L. e *Lolium* ssp. são controladas por esse herbicida (Zagonel, 2005; Kramer *et al.*, 2012).

A seletividade dos herbicidas inibidores da ALS para as espécies cultivadas, em sua maioria, se deve à maior capacidade de metabolização (degradação) dos herbicidas pelas culturas em relação às plantas daninhas (Roman *et al.*, 2007). Alguns estudos reportam variações na seletividade de herbicidas dessa classe em função da dose e dos genótipos utilizados (Bailey *et al.*, 2004; Crooks *et al.*, 2004; Contiero, 2009; Kong *et al.*, 2009), além das condições ambientais (Ferreira *et al.*, 1990; Mahan *et al.*, 2004; Queiroz *et al.*, 2013).

Condições de temperatura, luz e umidade relativa do ar influenciariam a ação dos herbicidas inibidores da ALS. Por exemplo, variações ambientais nos horários de aspersão de herbicidas inibidores da ALS mostram efeitos sob a eficiência de controle de plantas

daninhas (Miller *et al.*, 2003; Stopps *et al.*, 2013). Apesar da dificuldade de separação destes fatores a campo, estudos apontam a temperatura como a principal variável ambiental na seletividade dos herbicidas inibidores da ALS às espécies de plantas (Bónis *et al.*, 2006; Martini *et al.*, 2012). Condições de baixas temperaturas e ausência de precipitação prejudicaram a seletividade dos herbicidas nicosulfuron e rimsulfuron (inibidores de ALS) em diversos genótipos de milho (*Zea mays* L.) (Bónis *et al.*, 2006). Em arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), a aspersão dos herbicidas penoxsulam e bispyribac-sodium (inibidores de ALS) em época mais fria reduziu a seletividade dos herbicidas à cultura (Martini *et al.*, 2012).

Os objetivos dos experimentos desenvolvidos nesse capítulo foram elucidar como genótipos de aveia, doses do herbicida e as condições ambientais de aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl afetam a seletividade do produto à cultura da aveia.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Cinco experimentos foram desenvolvidos na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada em Eldorado do Sul, RS, nos anos de 2012, 2013 e 2014. A precipitação média anual do local corresponde a 1400 mm, com clima do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen (Bergamaschi e Guadagnin, 1990). O solo da área de instalação dos experimentos é classificado como Argissolo Vermelho Escuro distrófico, textura franco-areno-argilosa, com 34% de argila.

Foram realizados dois experimentos em 2012, um em 2013 e dois em 2014. A metodologia utilizada para cada experimento está detalhada a seguir.

3.2.1 Experimentos realizados em 2012

Foram realizados dois experimentos durante o inverno de 2012. O primeiro foi semeado em junho e o segundo em julho do respectivo ano. Em ambos os experimentos, a condução e delineamento experimentais adotados foram os mesmos, excetuando as doses utilizadas e a hora do dia para a aplicação dos herbicidas.

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi o de blocos casualizados, com tratamentos organizados num esquema tri-fatorial e quatro repetições. O fator A foi composto pelos genótipos de aveia (URS Guria e URS Guará). O fator B consistiu dos horários de aplicação (10:00, 13:00 e 16:00 h). O fator C foram as doses de iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹): 1; 2; 2,75; 3,5 e 4,45 g ha⁻¹ do i.a. para o primeiro experimento e 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5 g ha⁻¹ do i.a. para o segundo. Em cada experimento adicionou-se um tratamento controle, onde as plantas não foram aspergidas com herbicida.

A semeadura foi realizada no sistema de “plantio direto” na palha, com semeadora mecânica. Cada unidade experimental apresentava as dimensões de 3x2 m (3 m comprimento e 2 m largura) e 0,17 m de espaçamento entre linhas.

A aspersão do herbicida iodosulfuron-methyl foi realizada quando as plantas estavam no estágio de 3 a 4 folhas, em julho e agosto de 2012 para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. Foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂ comprimido, dotado de barra com quatro pontas do tipo 110.02 XR, pressão de 200 kPa, volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ e adição de 0,5% v/v do surfactante Dash. Em cada horário de aplicação foram mensuradas a temperatura e a umidade relativa do ar, com auxílio de termo-higrômetro digital (Tabela 3.1 e 3.2). Nas Figuras 3.1 e 3.2 são apresentadas as temperaturas e precipitação pluviométrica durante as semanas posteriores à aplicação do herbicida no experimento semeado em junho. Já as Figuras 3.3 e 3.4

correspondem às condições de temperatura e precipitação pluviométrica das semanas posteriores à aplicação do herbicida no segundo experimento, semeado em julho.

TABELA 3.1 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nos horários. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, julho de 2012.

Condições ambientais	Horários de aspersão do herbicida (h)		
	10:00	13:00	16:00
Temperatura (°C)	17	22	18
Umidade relativa do ar (%)	67	37	37

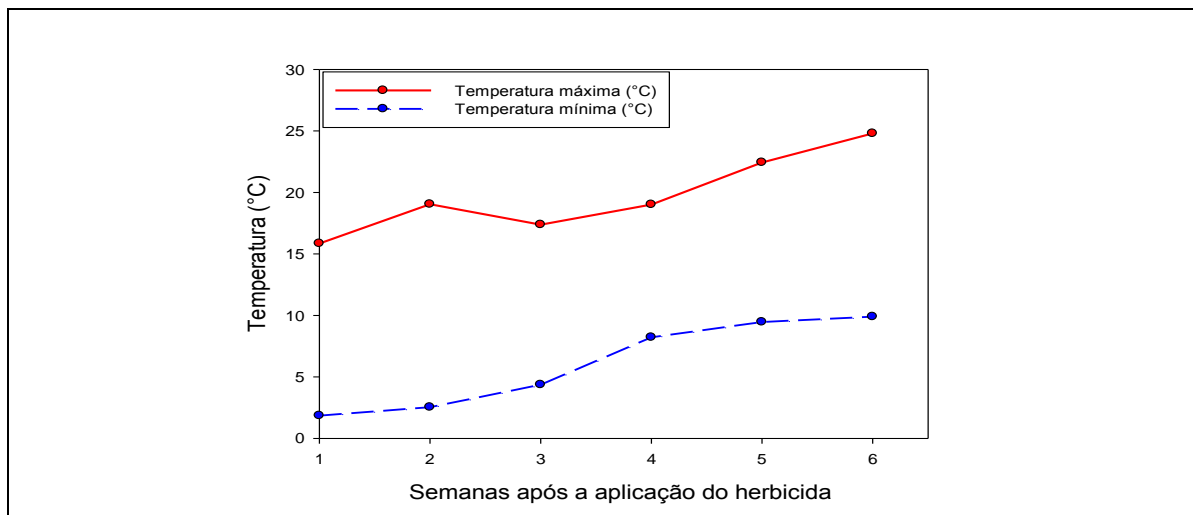


FIGURA 3.1 Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, junho-agosto de 2012.

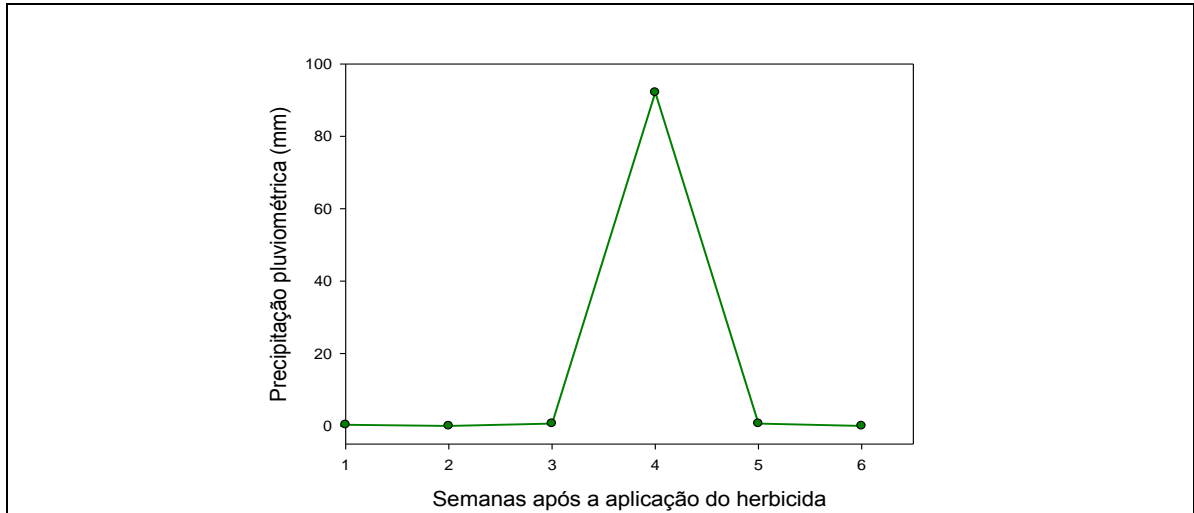


FIGURA 3.2 Precipitação pluviométrica determinada durante seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, junho-agosto de 2012.

TABELA 3.2 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nos horários. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2012.

Condições ambientais	Horários de aspersão do herbicida (h)		
	10:00	13:00	16:00
Temperatura (°C)	19,8	25,7	20,8
Umidade relativa do ar (%)	68	81	49

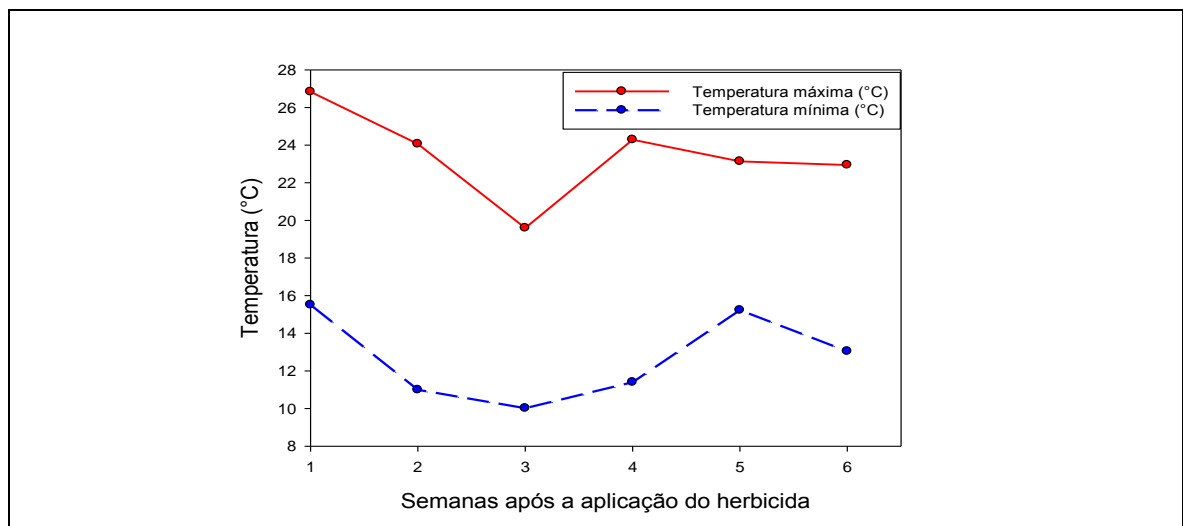


FIGURA 3.3 Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2012.

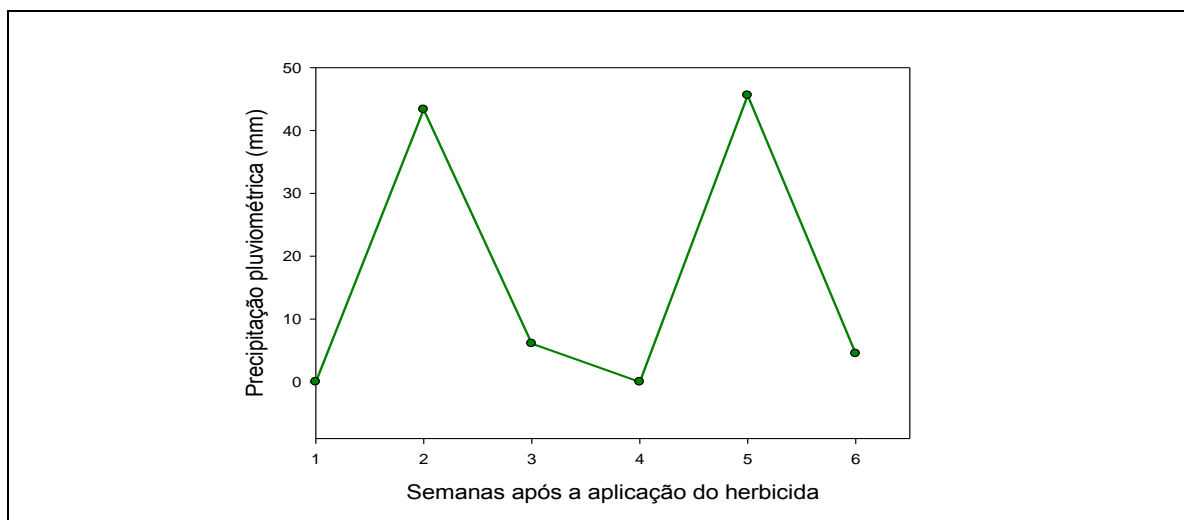


FIGURA 3.4 Precipitação pluviométrica determinada durante seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2012.

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram avaliadas as seguintes variáveis: tolerância relativa ao herbicida, a estatura e a densidade de plantas de aveia. Também foi coletada a parte aérea das plantas para determinação da sua massa seca. A coleta das plantas foi realizada a partir de um metro de distância do início de cada parcela. O método para avaliar a tolerância relativa foi descrito no Capítulo 2 (item 2.2). A determinação da massa e da densidade foi realizada em plantas presentes em dois quadros amostrais por parcela, contendo cada um as dimensões de 0,25 x 0,25 m.

Ao final do ciclo reprodutivo das plantas, no experimento realizado na primeira época, determinaram-se a massa da parte aérea seca (MPAS) e das sementes (MS). Também foi avaliado o índice de colheita (IC), através da Equação 3.1, a partir de dez plantas amostradas em cada unidade experimental. Determinou-se, ainda, o número de sementes e, posteriormente, a massa de mil sementes (MMS). O rendimento de grãos foi determinado através dos componentes do rendimento descritos acima (densidade de plantas, número de sementes por planta, peso da semente).

$$IC = (MS + MPAS / MPAS) \times 100$$

Equação 3.1

3.2.2 Experimento realizado em 2013

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com arranjo bifatorial com quatro repetições. O fator A correspondeu aos genótipos de aveia (UFRGS 18, URS Taura, URS Guará, URS Guria e UFRGS 14). O fator B foi atribuído às doses de iodosulfuron-methyl: 0; 2,5; 5; 10; 15; 20 e 30 g ha⁻¹ do i.a.

A semeadura foi realizada em 25 de junho de 2013, no sistema de “plantio direto” na palha com semeadora mecânica de parcelas experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas, espaçadas 0,20 m entre si e com três metros de comprimento, no total de três metros quadrados. A densidade de semeadura foi de 350 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 ureia, na dose de 75 kg ha⁻¹, correspondendo a 33 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A primeira aplicação foi realizada quando as plantas estavam no estágio de quatro folhas e a segunda aplicação, entre sete e oito folhas. O controle de doenças foi realizado com o fungicida tebuconazole (Tebuco Nortox, 200 g L⁻¹), aspergido em duas épocas na dose de 750 mL ha⁻¹ do produto comercial. O controle de pragas foi realizado com o inseticida dimetoato (Dimetoato 500 EC, 500 g L⁻¹), na dose de 500 mL ha⁻¹ do comercial.

A aspersão do herbicida iodosulfuron-methyl foi realizada quando as plantas estavam em média no estágio de cinco folhas (início do perfilhamento) utilizando-se pulverizador e regulagens previamente descritos. A aspersão do herbicida foi realizada no intervalo de 10:00 h a 11:40 h. Na Tabela 3.3 são mostradas as condições ambientais registradas no momento da aspersão do herbicida e nas Figuras 3.5 e 3.6 são expostas as condições de temperatura e precipitação pluviométrica, respectivamente, durante as semanas posteriores à aplicação do herbicida.

TABELA 3.3 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2013.

	início	fim
Temperatura (°C)	17,6	24,4
Umidade Relativa do ar (%)	70	50

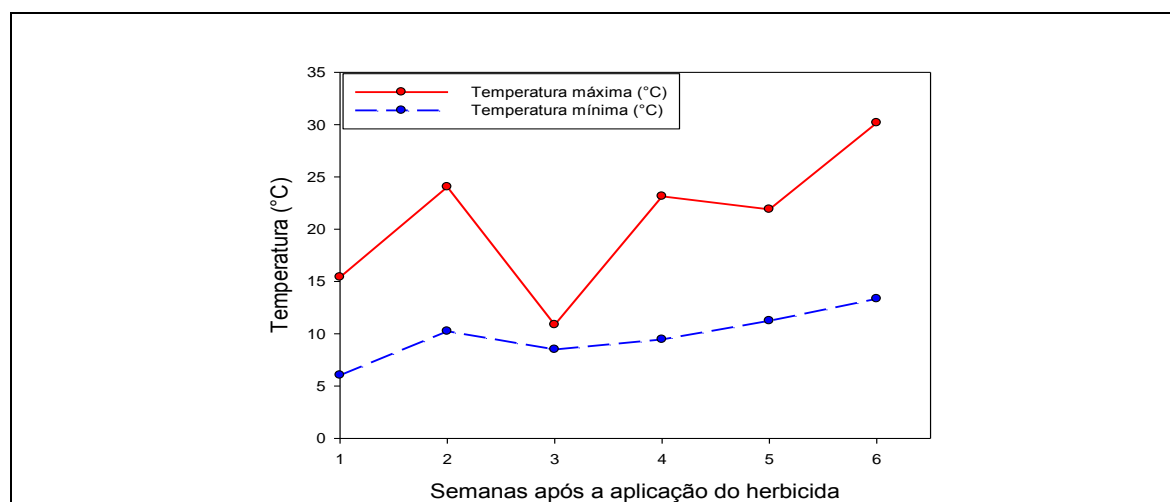


FIGURA 3.5 Médias das temperaturas máximas e mínimas determinadas em seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2013.

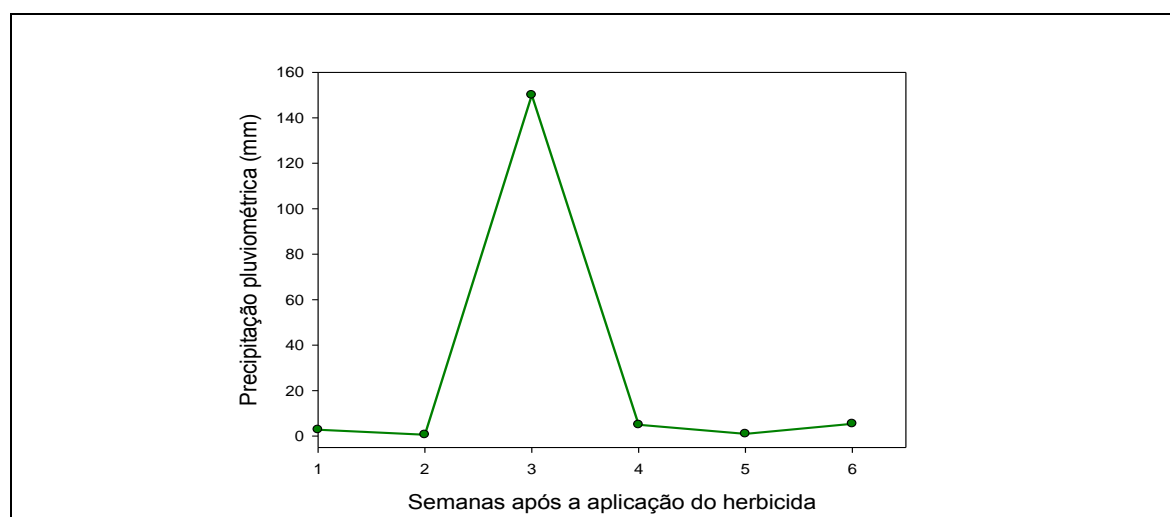


FIGURA 3.6 Precipitação pluviométrica determinada durante seis semanas após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto-setembro de 2013.

As variáveis avaliadas foram: tolerância relativa aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) do herbicida, utilizando-se escala descrita anteriormente. Para estatura,

densidade de plantas e massa da parte aérea seca cujas medidas foram realizadas aos 30 DAA, utilizou-se os procedimentos já descritos (idem tópico 3.2.1). Ao final do ciclo foi avaliada a massa da parte aérea seca (MPAS) e realizada a colheita. Determinou-se o rendimento de grãos por hectare a partir de sementes obtidas com colhedora mecânica (Wintersteiger Classic ST) das plantas presentes na área total da unidade experimental. Também se determinou o peso hectolitro (PH) das sementes oriundas das plantas de cada unidade experimental (medidor de peso hectolitro Motomco). Quando possível, determinou-se a D_{50} para as variáveis de massa seca, estatura e tolerância relativa de plantas conforme o descrito no Capítulo 2 (Tópico 2.2.1).

3.2.3 Experimentos realizados em 2014

Foram realizados dois experimentos durante o inverno de 2014, semeados em julho e em agosto do respectivo ano. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial hierárquico, com quatro repetições. O fator A correspondeu a cinco genótipos de aveia (URS Corona, URS Taura, URS Guará, URS Guria e UFRGS 14). O fator B consistiu das sete doses de iodosulfuron-methyl conforme os genótipos utilizados. Para os genótipos sensíveis, ‘URS Taura’ e ‘URS Corona’, as doses do herbicida foram: 0; 0,5; 1; 2,5; 5; 7,5 e 10 g ha⁻¹ do i.a. Para os genótipos tolerantes, ‘URS Guará’, ‘URS Guria’ e ‘UFRGS 14’, as doses foram: 0; 2,5; 5; 10; 20; 35 e 50 g ha⁻¹.

As dimensões das parcelas, a densidade de plantas de aveia, as adubações e o controle de doenças e pragas foram realizados conforme descrito no tópico 3.2.2. A exceção foi o número de aplicações do fungicida, que totalizaram três. A aspersão do herbicida iodosulfuron-methyl foi realizada quando as plantas de aveia estavam no estágio médio de quatro folhas em agosto e setembro de 2014, no primeiro e no segundo

experimento, respectivamente. Foi utilizado pulverizador e demais condições já descritos no tópico 3.2.2. Para estes experimentos avaliou-se somente o rendimento de grãos e os métodos utilizados foram os mesmos descritos no tópico 3.2.2. A aspersão do herbicida foi realizada entre 10:00 h e 11:30 h para o primeiro experimento, aspergido em agosto. Na Tabela 3.4 são mostradas as condições ambientais registradas no momento da aspersão do herbicida em agosto e na Figura 3.7 são apresentadas as temperaturas durante sete dias após a aplicação do herbicida neste experimento. No segundo experimento, a aspersão do herbicida foi realizada entre 13:00 h e 15:00 h, aspergido em setembro. Na Tabela 3.5 são mostradas as condições ambientais registradas no momento da aspersão do herbicida em setembro e a Figura 3.8 corresponde às condições de temperatura durante sete dias após a aplicação do herbicida neste segundo experimento.

TABELA 3.4 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2014.

Condições ambientais	início	fim
Temperatura (°C)	12,3	14,2
Umidade relativa do ar (%)	56	50

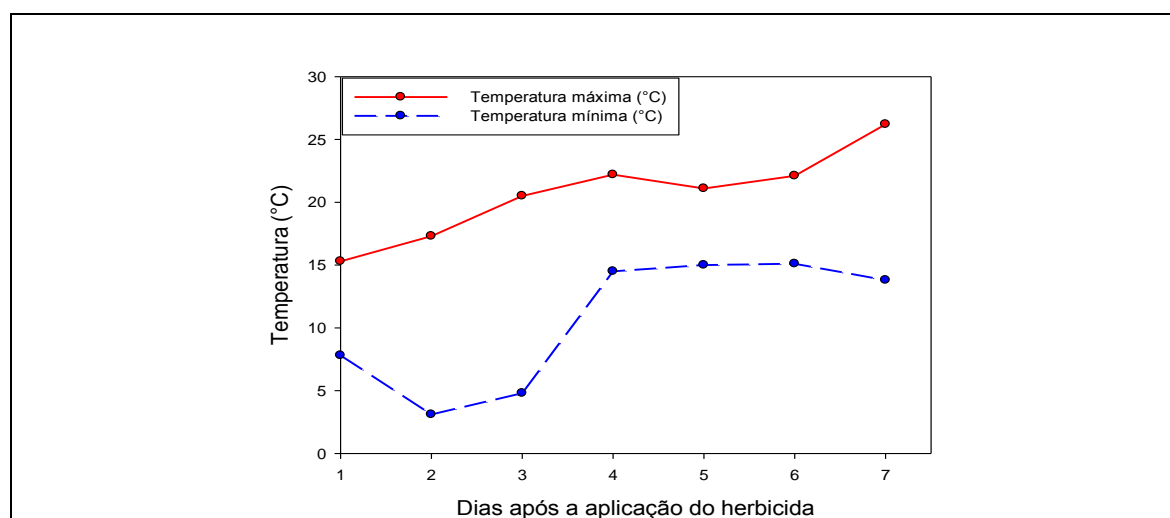


FIGURA 3.7 Temperaturas máximas e mínimas determinadas em sete dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl (Fonte: INMEP, 2014). Eldorado do Sul, RS, Brasil, agosto de 2014.

TABELA 3.5 Temperatura e umidade relativa do ar no momento da aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, setembro de 2014.

Condições ambientais	início	fim
Temperatura (°C)	22,9	25,5
Umidade relativa do ar (%)	45	31

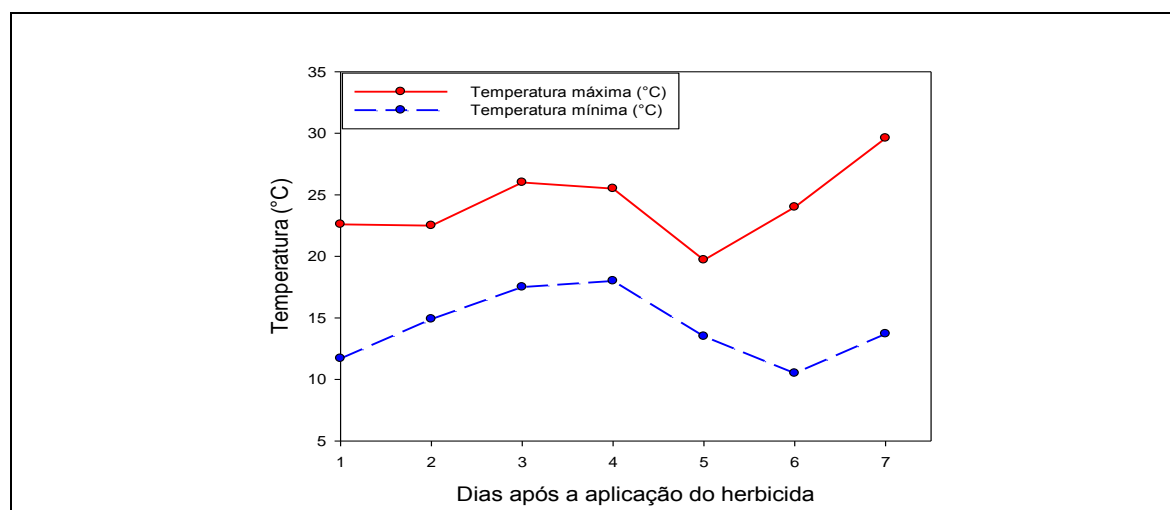


FIGURA 3.8 Temperaturas máximas e mínimas determinadas em sete dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl (Fonte: INMEP, 2014). Eldorado do Sul, RS, Brasil, setembro de 2014.

3.2.4 Impacto da temperatura na seletividade inicial de iodosulfuron-methyl para plantas de aveia

Conduziu-se, entre maio e setembro de 2014, um experimento em casa de vegetação e em câmaras de crescimento com temperatura controlável, localizados na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Porto Alegre, RS.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, arranjo dos tratamentos num esquema bifatorial e com três repetições. Os tratamentos do fator A consistiram de condições de temperatura (10, 15, 20, 24, 28 e 32°C). Os tratamentos do fator B corresponderam às doses do herbicida iodosulfuron-methyl (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 5 e 20 g ha⁻¹ do i.a.). Cada unidade experimental foi composta por vaso com capacidade de

350 mL de solo. Utilizou-se substrato (solo: areia: composto na proporção 1:1:1, v/v) adubado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foi utilizado como planta reagente as do genótipo de aveia URS Taura (sensível ao iodosulfuron-methyl), semeadas e cultivadas inicialmente em casa de vegetação. Aos 14 dias após a emergência (DAE), as plantas foram desbastadas, deixando apenas duas plantas por vaso.

Aos 20 DAE, quando as plantas encontravam-se no estágio de três folhas foi aspergido o herbicida. O iodosulfuron-methyl foi aplicado em câmara de pulverização contendo ar pressurizado a 200 kPa, ponta de pulverização do tipo 80.02E e volume de calda equivalente a 170 L ha⁻¹. Foi adicionado à calda de aplicação o surfactante Dash na proporção de 0,5% v/v. Após secagem das gotas (2h), as plantas foram alocadas por uma semana em câmaras de crescimento com temperatura controlada (conforme o fator testado) e fotoperíodo de 12 h.

Aos 21, 28 e 35 dias após a aplicação do herbicida (DAA) foram avaliados a tolerância relativa das plantas ao herbicida conforme escala visual descrita anteriormente. Aos 35 DAA também foi determinada a estatura. Posteriormente a parte aérea das plantas foi coletada e armazenada em estufa a 60 °C durante uma semana, para determinação da sua massa seca. A partir das regressões com os dados de massa seca foi obtida D₅₀ (dose do herbicida que reduz a massa seca em 50%) para cada condição de temperatura. Com os valores deste parâmetro determinou-se a taxa de eficácia do herbicida (em cada temperatura), conforme método descrito por Vidal *et al.* (2014). A taxa de eficácia do herbicida foi correlacionada com a temperatura em que as plantas se desenvolveram na semana seguinte à aplicação do produto, ajustando-se uma equação polinomial de segundo grau. A temperatura ótima (T_o) para seletividade do herbicida iodosulfuron-methyl para as

plantas de aveia foi calculada através da otimização da equação quadrática através da Equação 3.2,

$$T_o = -b / 2a \quad \text{Equação 3.2,}$$

... onde os coeficientes **-b** e **a** correspondem aos parâmetros da equação polinomial (referentes ao x e ao x², respectivamente).

3.2.5 Análise estatística

Em todos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância, assumindo até 5% de probabilidade de erro para a interação entre os fatores testados. O teste de médias utilizado para determinação da DMS (diferença mínima significativa) foi o teste t a 5% de probabilidade. Quando constatada a interação dos fatores, os dados foram submetidos à análise de regressão entre a variável dependente e a dose, testando-se os modelos polinomial (linear ou quadrático), logístico, exponencial e hiperbólico decrescentes. O modelo de regressão adotado foi decidido considerando-se ao menos dois dos seguintes critérios: a) coeficiente de determinação significativo; b) a probabilidade de significância da equação pelo teste t, considerando até 10% de probabilidade; e c) a equação com menor valor do quadrado médio do resíduo.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Experimento 1 realizado em 2012

A análise de variância dos dados de tolerância relativa (%), avaliada aos 30 DAA, não mostrou efeito de genótipos ou interação deste com os demais fatores. Mas, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os horários de aplicação e as doses do herbicida. Isso

indica efeito diferenciado das doses do herbicida iodosulfuron-methyl entre os horários de aplicação, independentemente do genótipo avaliado. A equação que apresentou melhor ajuste aos dados médios desta variável foi a equação do modelo linear (Figura 3.9 e Tabela 3.6). As equações de ajuste de tolerância relativa média para os dois genótipos indicam diferenças entre as condições de aplicação às 16 h em relação às demais. Para cada g ha^{-1} do herbicida iodosulfuron-methyl aspergido nesta condição, houve redução de 4,7% ($\pm 0,35\%$) na tolerância relativa das plantas dos genótipos avaliados. Esse resultado contrasta com o valor de 6,30% (média de -6,39% e -6,22%) observados nas outras duas condições (horários) de aspersão do herbicida (Tabela 3.6).

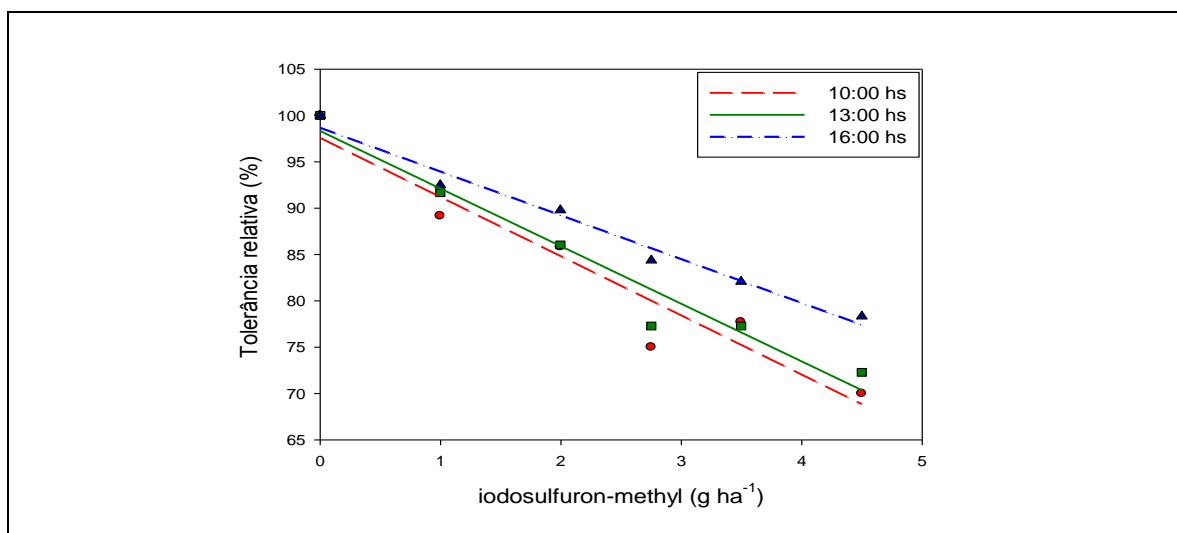


FIGURA 3.9 Tolerância relativa, na média dos genótipos URS Guará e URS Guria, determinada aos 30 dias após a aplicao do herbicida iodosulfuron-methyl, em funo das doses e horários de aplicao. Diferença mínima significativa para comparar cada dose em diferentes horários = 9,6%. Equaoes na Tabela 3.6. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

TABELA 3.6 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl na tolerância relativa média de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Horário de aplicação	Parâmetros da equação de regressão		⁴ R ²	⁵ P
	a	y0		
10:00 hs	-6,39 (0,90) ^{2***3}	97,57 (2,45)***	0,93***	<0,01
13:00 hs	-6,22 (0,65)***	98,33 (1,77)***	0,96***	<0,01
16:00 hs	-4,72 (0,35)***	98,66 (0,97)***	0,98***	<0,01

¹Equação linear $Y = y_0 + ax$

²Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³Significância pelo teste 't' ao nível de ***1% de probabilidade do resíduo.

⁴Coefficiente de determinação do modelo.

⁵Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na variável estatura de plantas, avaliada aos 30 DAA, não foi identificada interação entre os fatores genótipos, horários e doses. Nesta, houve efeito significativo de doses ($P < 0,01$) e genótipos ($P < 0,01$). A equação linear foi a que melhor adequou-se aos dados (médios de cv. e horários de aplicação) para regressão estatura e doses. Constatou-se que para cada $g\ ha^{-1}$ de acréscimo na dose do herbicida iodosulfuron-methyl houve redução de 1,37 cm (na média de genótipos e época de aplicação) na sua magnitude (Figura 3.10). Para o fator genótipos foi observado menor estatura nas plantas do genótipo URS Guria em relação a URS Guará (Figura 3.11).

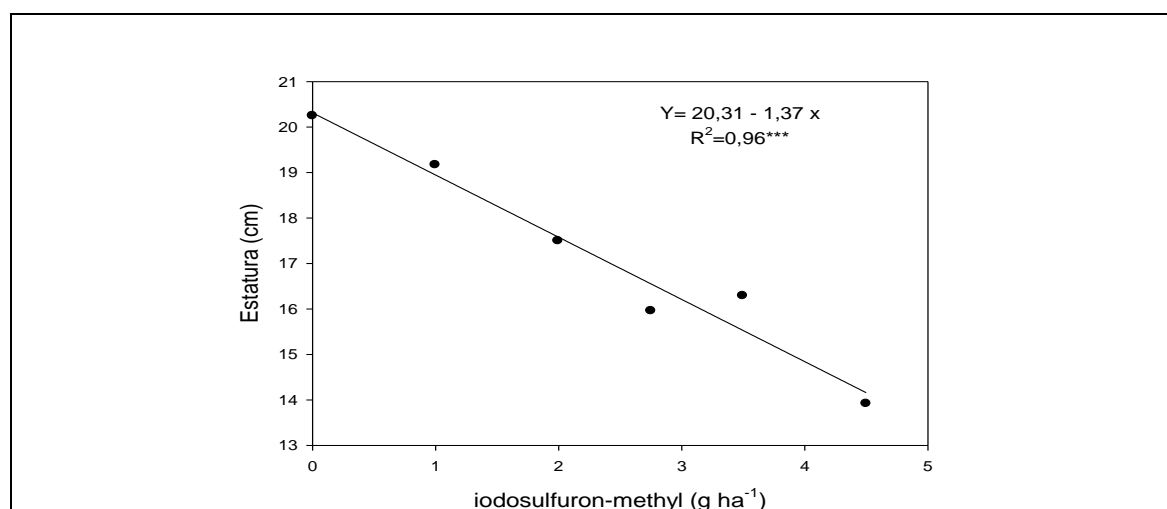


FIGURA 3.10 Efeito do iodosulfuron-methyl sobre a estatura (cm), na média de dois genótipos ('URS Guará' e 'URS Guria') e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Asterisco representa $P < 0,01$. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

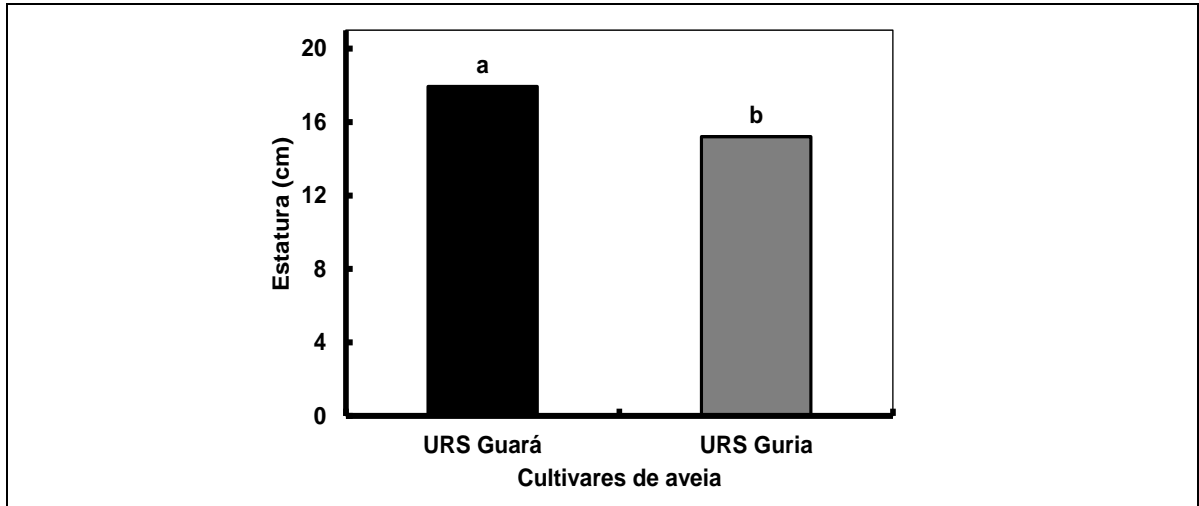


FIGURA 3.11 Estatura de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na mdia de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicao, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 1,1 cm. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

A análise de variância dos dados de densidade de plantas mostrou interao significativa entre os fatores horários e doses ($P < 0,05$). As equaoes que mostraram melhor ajuste dos dados médios desta variável foram a linear e a quadrática (Figura 3.12 e Tabela 3.7). Para cada $g\ ha^{-1}$ de iodosulfuron-methyl houve reduo de 20,55 e 22,03 plantas m^{-2} nas condioes de aspersão de 10 h e 16 h, respectivamente (Tabela 3.7).

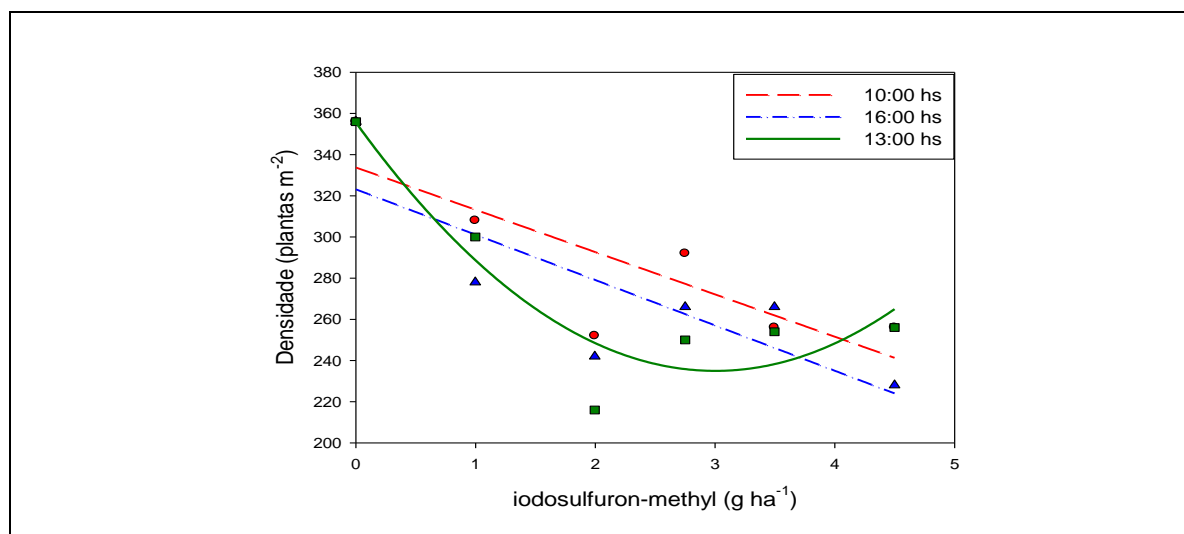


FIGURA 3.12 Densidade de plantas aos 30 DAA em função das doses e horários de aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de horários = 84,5 plantas m^{-2} . Equações na Tabela 3.7. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

TABELA 3.7 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl na densidade média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 30 dias após a aplicação. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

Horário de aplicação	Equação	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ p
		a	y0	b		
10:00 hs	Linear ¹	-20,55 (7,00) ^{3***4}	333,72 (19,16) ^{***}	-	0,68**	0,043
13:00 hs	Quadrática ²	-80,40 (22,12)**	355,64 (21,97) ^{***}	13,39 (4,74)*	0,76*	0,054
16:00 hs	Linear	-22,03 (7,95)*	323,11 (21,76) ^{***}	-	0,66*	0,0502

¹ Equação linear $Y = y_0 + ax$

² Equação polinomial quadrática $Y = y_0 + ax + bx + x^2$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

A variável massa da parte aérea da planta seca, avaliada aos 30 DAA, não apresentou interação entre os fatores genótipos, horários e doses. Nesta variável, houve efeito significativo de doses ($P < 0,01$) e genótipos ($P < 0,01$). A equação linear foi a que melhor ajustou-se aos dados (médias de genótipos e horários de aplicação) para regressão massa seca e doses. Observou-se que cada $g\ ha^{-1}$ de acréscimo na dose de iodosulfuron-methyl proporcionou redução de 0,37 g (na média de genótipos e época de aplicação) na

massa da parte aérea seca das plantas (Figura 3.13). Menor massa foi obtida nas plantas do genótipo URS Guria em contraste com URS Guria (Figura 3.14).

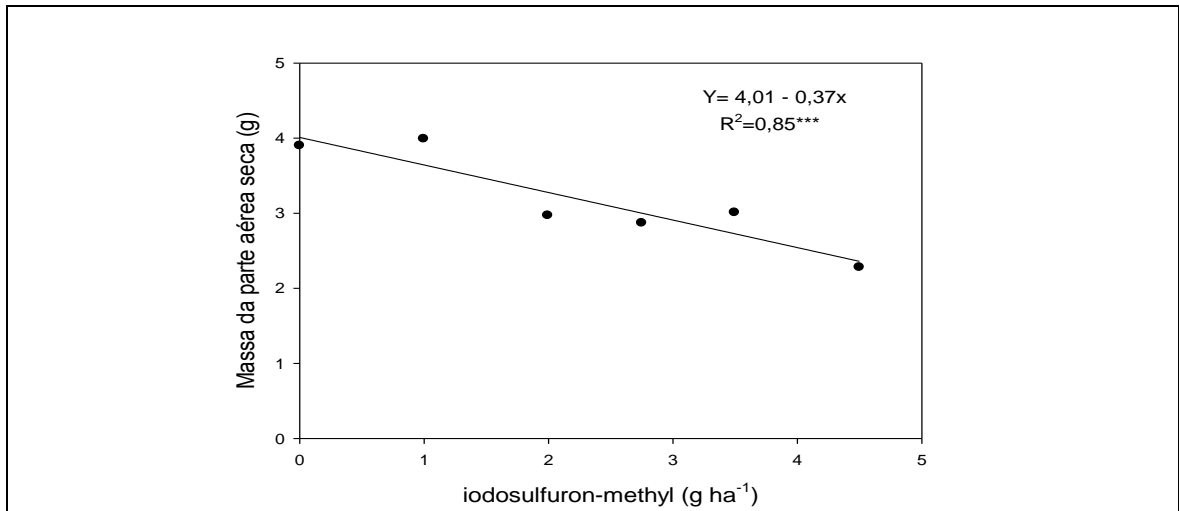


FIGURA 3.13 Efeito de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca (g), na média de dois genótipos (URS Guará e URS Guria) e de três horários de aplicação, determinados aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Asterisco representa $P < 0,01$. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

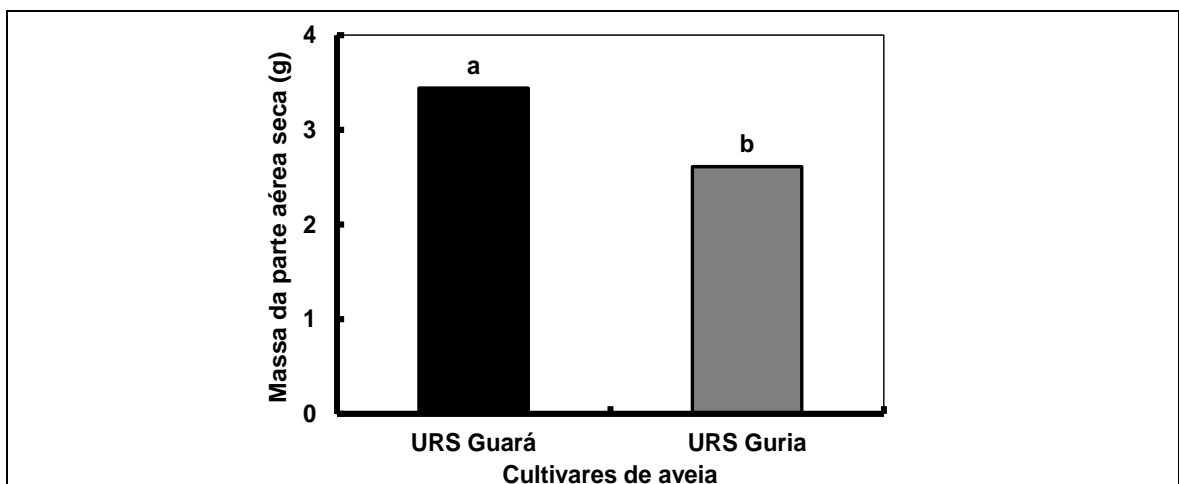


FIGURA 3.14 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 0,47 g. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Para as variáveis rendimento de grãos, massa de mil sementes e índice de colheita, avaliadas na colheita, não foram identificadas interações entre os fatores genótipos,

horários e doses. Houve efeito significativo de genótipos ($P < 0,01$) e doses ($P < 0,01$) para massa de mil sementes. Apenas efeito de genótipos foi observado na massa da parte aérea seca ($P < 0,05$), rendimento de grãos ($P < 0,05$), e índice de colheita ($P < 0,01$). Nas variáveis onde foi constatado efeito de genótipos (massa da parte aérea, rendimento de grãos, massa de mil sementes, índice de colheita), observaram-se menores valores no genótipo URS Guria em relação ao URS Guará (Figuras 3.15; 3.16; 3.18 e 3.19).

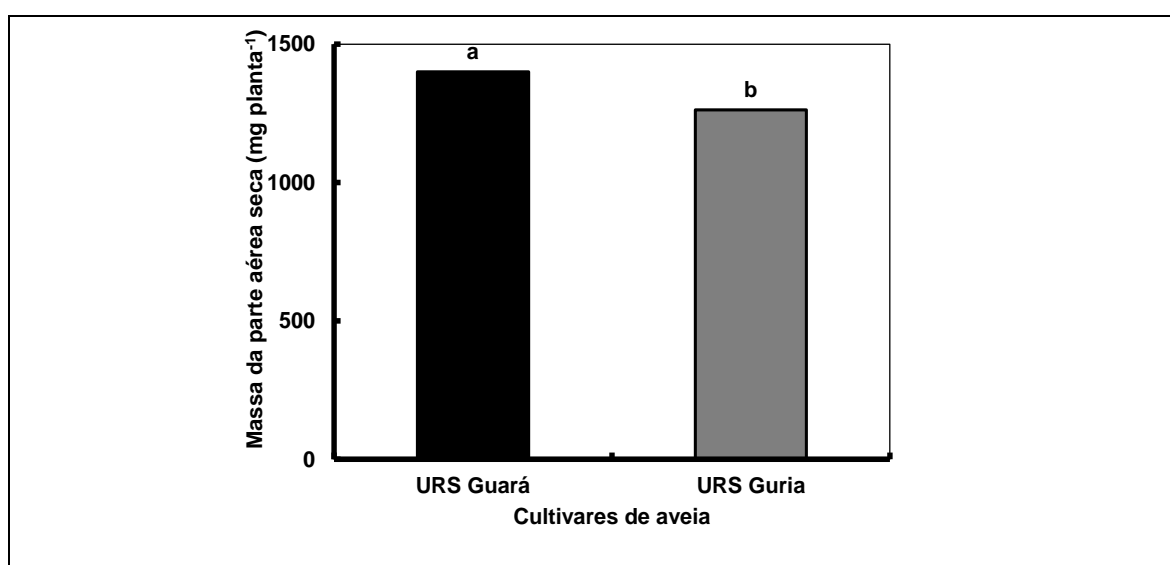


FIGURA 3.15 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada na época da colheita. Diferença mínima significativa para comparar médias entre genótipos = 136 mg planta⁻¹. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

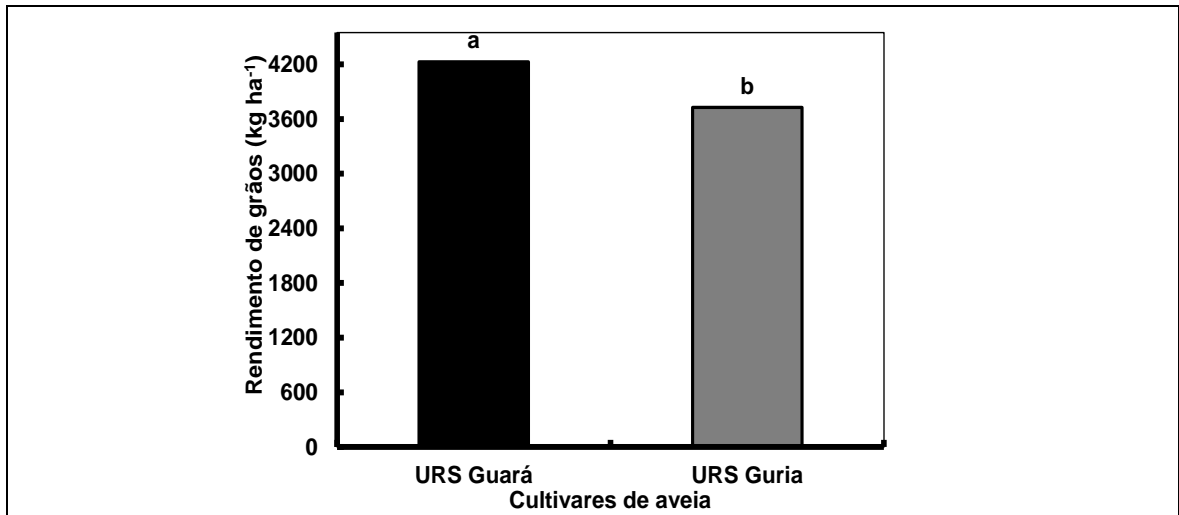


FIGURA 3.16 Rendimento de gros de plantas de dois genotipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na media de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de tres horarios de aplicaao, determinado na epoca da colheita. Diferença minima significativa para comparar medias entre os genotipos = 499,9 kg ha⁻¹. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

Nao foi identificado ajuste significativo de curvas para os dados medios (genotipos e horarios de aplicaao) da regressao entre a massa de mil sementes e doses de iodosulfuron-methyl (Figura 3.17).

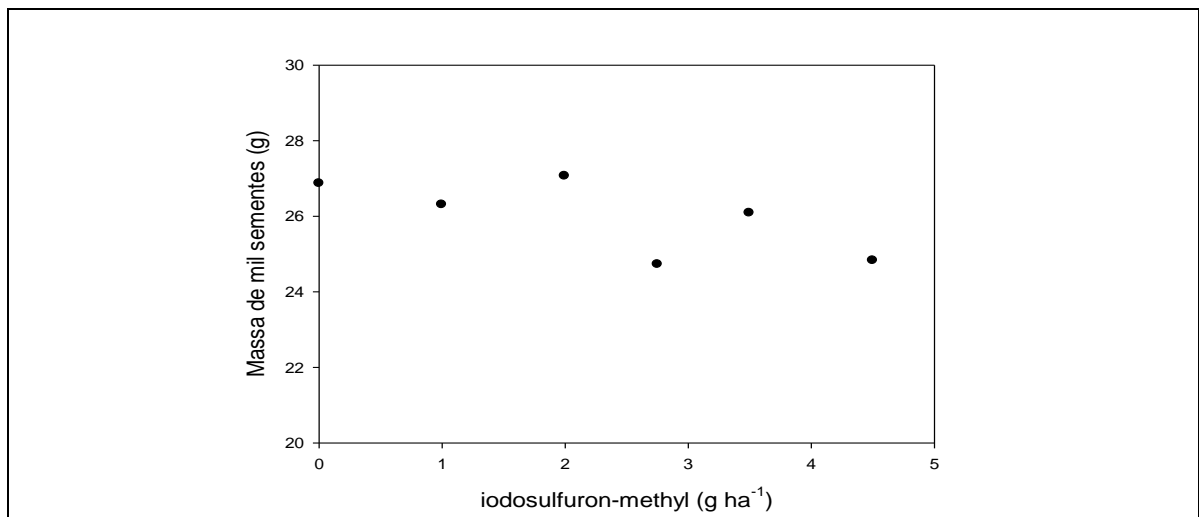


FIGURA 3.17 Efeito de iodosulfuron-methyl sobre a massa de mil sementes (g), na media de dois genotipos (URS Guará e URS Guria) e de tres horarios de aplicaao. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

As plantas do genótipo URS Guria apresentaram menor massa de mil sementes (Figura 3.18) e índice de colheita (Figura 3.19), em comparação com as plantas do genótipo URS Guará.

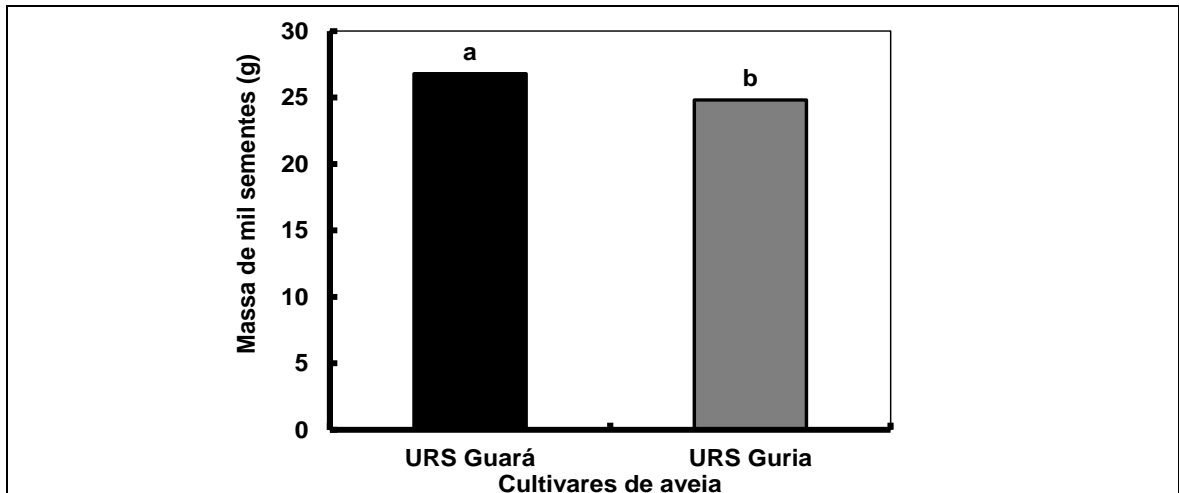


FIGURA 3.18 Massa de mil sementes de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 0,91g. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

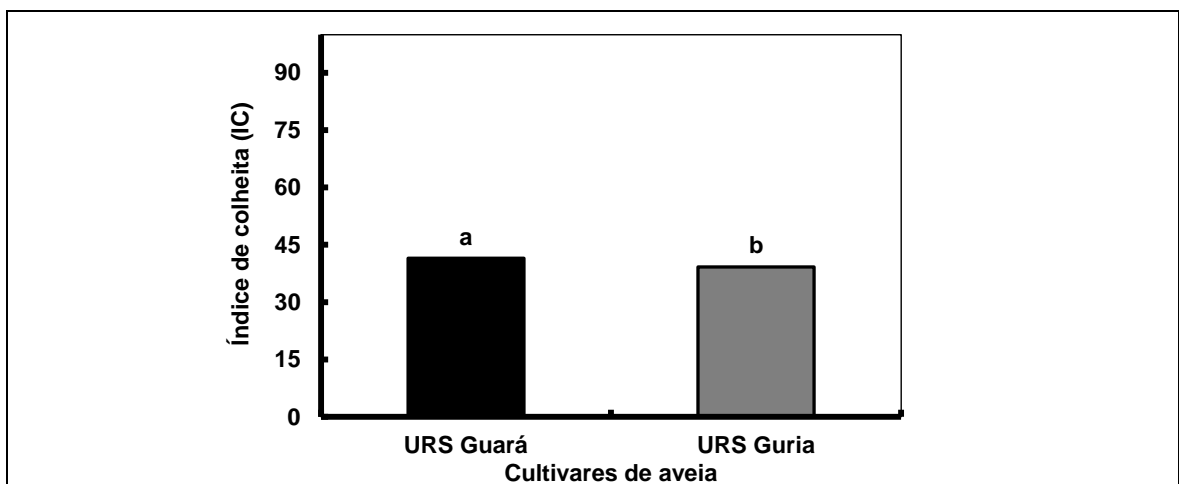


FIGURA 3.19 Índice de colheita de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 1,35%. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

3.3.1.2 Experimento 2 realizado em 2012

Na análise de variância dos dados de tolerância relativa, estatura, densidade e massa seca de plantas aos 30 DAA não foram observadas interações significativas dos fatores genótipos, horários e doses. Também, interações de doses e horários ou efeito significativo de doses para estas variáveis não foram identificados. Efeito de genótipos foi observado na estatura ($P < 0,05$) e massa da parte aérea seca de plantas ($P < 0,05$). Em ambos os casos, menor valor na variável foi obtido nas plantas do genótipo URS Guria em relação ao genótipo URS Guará (Figuras 3.20 e 3.21).

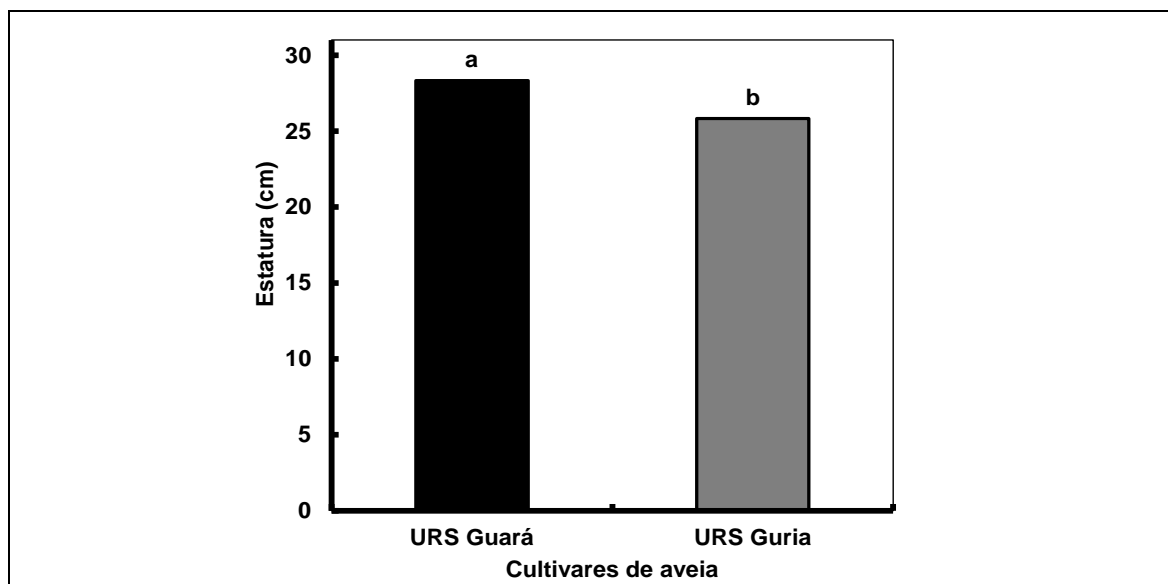


FIGURA 3.20 Estatura de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 1,9 cm. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

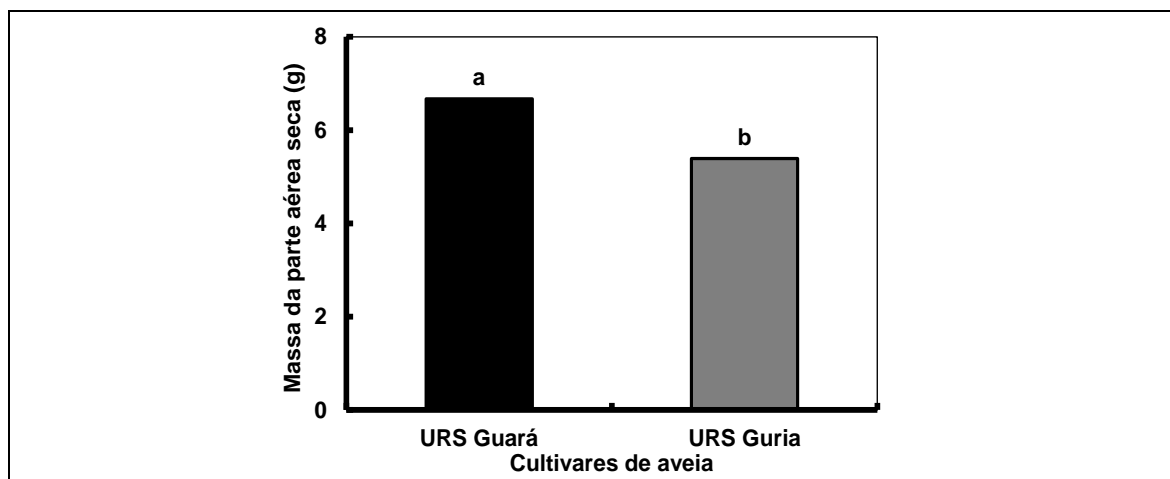


FIGURA 3.21 Massa da parte aérea seca de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida iodosulfuron-methyl e de três horários de aplicação, determinada aos 30 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 1,1 g. EEA-UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

3.3.2 Experimento realizado em 2013

A análise de variância dos dados de tolerância relativa de plantas aos 10 DAA não mostrou interação significativa dos fatores genótipos e doses. Entretanto, foi observada significância para os fatores doses do herbicida e genótipos isoladamente ($P < 0,01$).

Para a regressão entre tolerância relativa e as doses de iodosulfuron-methyl, a equação logística foi a que melhor se ajustou aos dados médios (de todos os genótipos). A equação logística indica que sob baixas doses, o impacto do incremento da dose do herbicida foi muito acentuado na redução da tolerância relativa média dos genótipos. Mas, sob doses mais elevadas, o impacto unitário do incremento da dose não foi expresso na mesma intensidade na redução da tolerância relativa média dos genótipos (Figura 3.22).

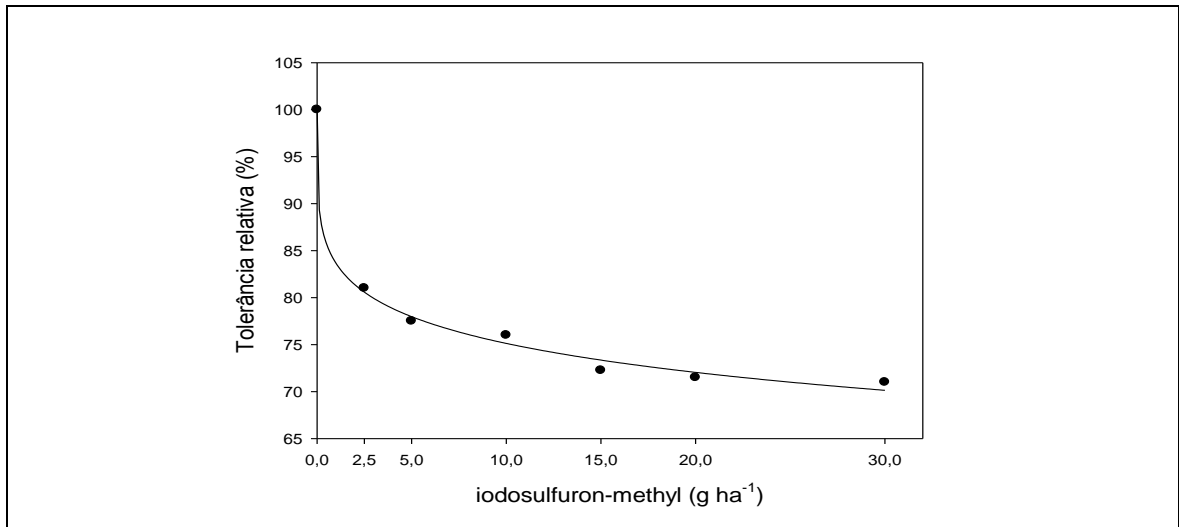


FIGURA 3.22 Efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa de plantas de genótipos de aveia aos 10 DAA, na média de cinco genótipos e quatro repetições. Asterisco representa $P = <0,01$. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

No fator genótipos, numericamente, foi observado menor tolerância relativa no genótipo URS Guria (dados médios de doses de iodosulfuron-methyl), nesta primeira avaliação de tolerância relativa (Figura 3.23).

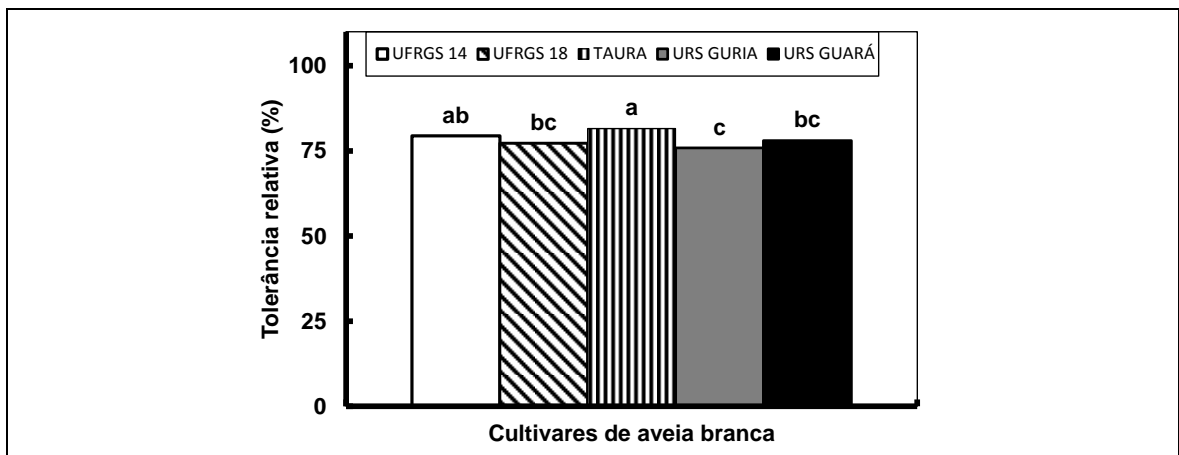


FIGURA 3.23 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl em plantas de cinco genótipos de aveia, médias de doses do herbicida e quatro repetições, determinada aos 10 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias entre os genótipos = 2,4%. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Interação significativa dos fatores genótipos e doses foi obtida na tolerância relativa de plantas aos 20 DAA ($P < 0,01$). A equação logística foi a que melhor se ajustou aos dados médios da tolerância relativa de plantas aos 20 DAA (Figura 3.24 e Tabela 3.8).

As plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura foram as que apresentaram maior sensibilidade ao herbicida, em relação aos demais genótipos. Nas plantas desses dois genótipos foi observada redução da tolerância relativa a partir de 2,5 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl, com 39 e 35% de redução na tolerância, respectivamente (Figura 3.24).

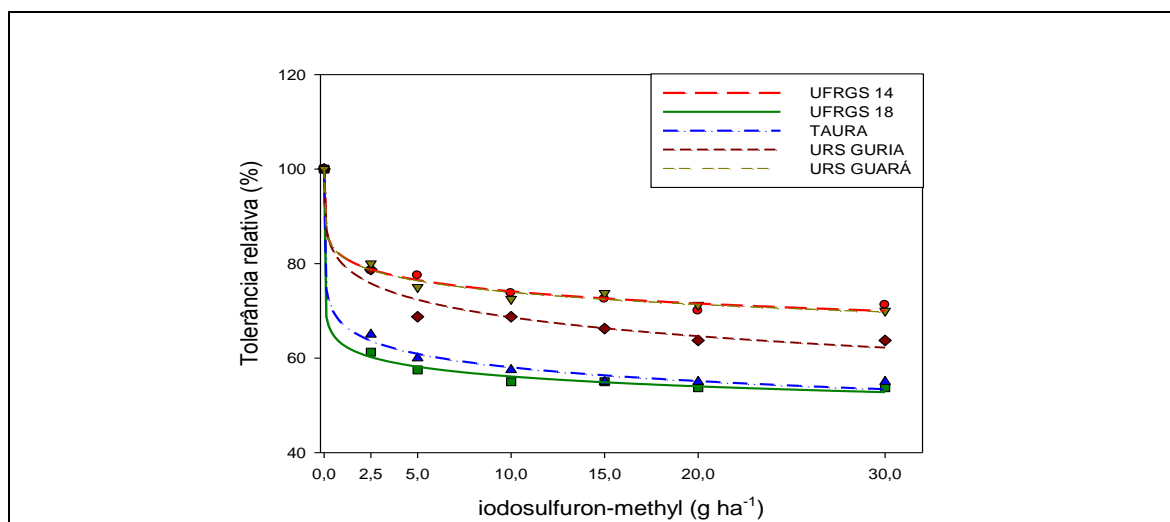


FIGURA 3.24 Tolerância relativa de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, quando avaliadas aos 20 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 4%. Equações na Tabela 3.8. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.8 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa média das plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 20 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ R ²	⁵ P
	a	b	X ₀		
UFRGS 14	100,01 (1,14) ^{2***3}	0,19 (0,03)***	2796,41 (2496,17) ^{ns}	0,99***	<0,01
UFRGS 18	100,01 (0,96)***	0,12 (0,02)***	75,04 (28,01)*	0,99***	<0,01
URS Taura	100,02 (1,34)***	0,17 (0,03)***	66,58 (23,62)**	0,99***	<0,01
URS Guria	100,08 (2,49)***	0,26 (0,06)**	204,52 (142,17) ^{ns}	0,96***	<0,01
URS Guará	100,02 (1,38)***	0,19 (0,04)***	2563,56 (2690,55) ^{ns}	0,98***	<0,01

¹Equaao logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

²Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³Significncia pelo teste ‘t’ ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴Coefficiente de determinao do modelo.

⁵Probabilidade de significância da equao pelo teste t.

Houve interao significativa dos fatores genótipo e doses para a tolerância relativa de plantas aos 30 DAA ($P < 0,01$). O modelo de equao ajustado aos dados médios foi o logístico (Figura 3.25 e Tabela 3.9). As plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura mostraram-se mais sensíveis ao herbicida iodosulfuron-methyl. As D_{50} obtidas para esses genótipos foram de 1,97 e 2,09 g ha⁻¹, respectivamente. Com os dados desta variável não foi possível  determinao da D_{50} para as plantas dos genótipos URS Guria, URS Guará e UFRGS 14, mesmo quando utilizado 30 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl (o que equivale a seis vezes a dose indicada na bula do produto).

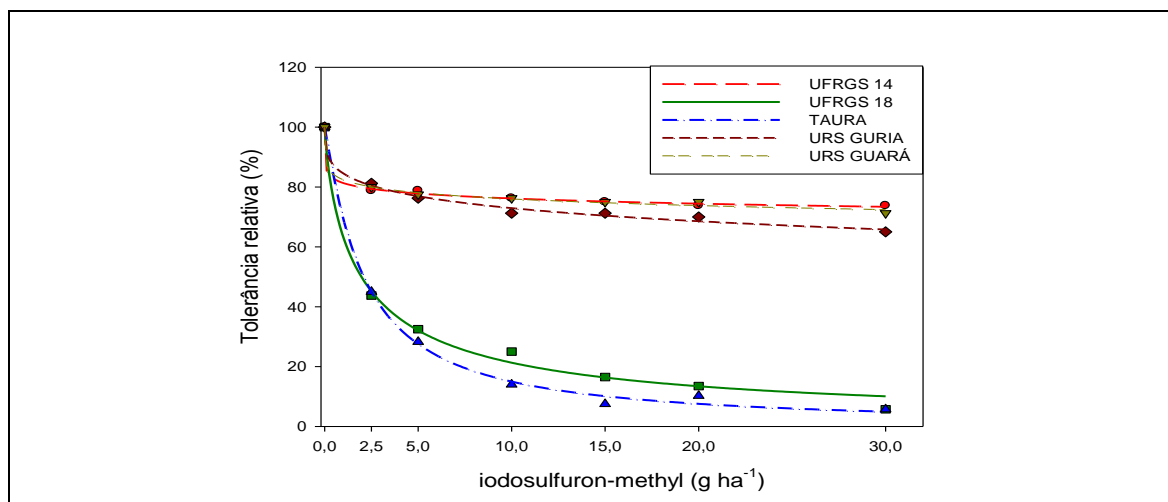


FIGURA 3.25 Tolerância relativa de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 8%. Equações na Tabela 3.9. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.9 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa média de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ D ₅₀	⁵ R ²	⁶ P
	a	b	X ₀			
UFRGS 14	100,00 (0,69) ^{2***3}	0,13 (0,02) ^{***}	59169,45 (72302,79) ^{ns}	-	0,99 ^{***}	<0,01
UFRGS 18	99,89 (2,94) ^{***}	0,80 (0,09) ^{***}	1,97 (0,33) ^{***}	1,97	0,99 ^{***}	<0,01
URS Taura	100,01 (2,01) ^{***}	1,11 (0,08) ^{***}	2,09 (0,17) ^{***}	2,09	0,99 ^{***}	<0,01
URS Guria	100,03 (1,36) ^{***}	0,31 (0,04) ^{***}	254,21 (93,76) [*]	-	0,99 ^{***}	<0,01
URS Guará	99,99 (0,92) ^{***}	0,17 (0,03) ^{**}	8861,86 (8832,39) ^{ns}	-	0,99 ^{***}	<0,01

¹Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

²Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁵Coefficiente de determinação do modelo.

⁶Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para os dados de estatura de plantas (% em relação à testemunha), avaliado aos 30 DAA, foi observada interação significativa dos fatores genótipo e doses ($P < 0,01$). As equações que mostraram melhor ajuste aos dados desta variável foram à logística e a hiperbólica decrescente (Figura 3.26 e Tabela 3.10). As plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura demonstraram maior sensibilidade ao iodosulfuron-methyl em relação aos demais genótipos. Essa diferença já era evidente mesmo quando utilizado 2,5 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl. As D₅₀ para estatura de plantas nestes genótipos foram

obtidas com 0,54 e 2,23 g ha⁻¹, respectivamente para UFRGS 18 e URS Taura (Tabela 3.10). Na dose de 30 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl, as plantas do genótipo UFRGS 14 apresentaram menor redução numérica da estatura em relação às plantas dos demais genótipos, o que indica maior tolerância ao produto (Figura 3.26).

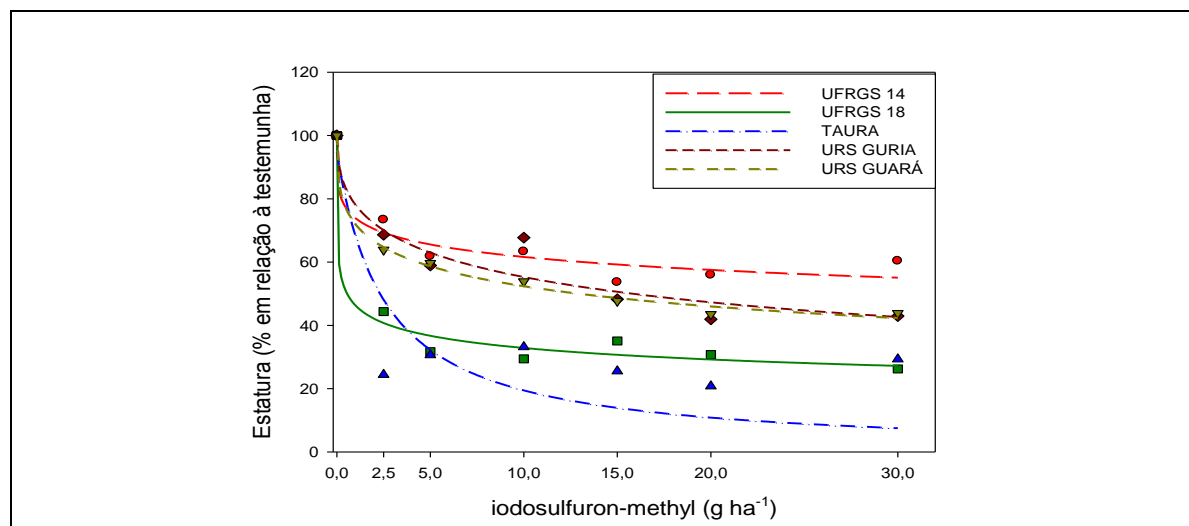


FIGURA 3.26 Estatura (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 12%. Equações na Tabela 3.10. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.10 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a estatura de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Equações	Parâmetros da equação de regressão			⁵ D ₅₀	⁶ R ²	⁷ P
		a	b	X ₀			
UFRGS 14	Log. ¹	100,12 (4,88)***	0,24 (0,11) ³ * ⁴	67,83 (62,36) ^{ns}	-	0,91***	<0,01
UFRGS 18	Log.	100,02 (4,26)***	0,25 (0,09)*	0,54 (0,63) ^{ns}	0,54	0,97***	<0,01
URS Taura	Hip. dec. ²	94,79 (17,09)***	2,58 (1,36) ^{ns}	-	2,23	0,61**	0,023
URS Guria	Log.	99,76 (7,20)***	0,46 (0,16)**	15,94 (6,88)*	15,9	0,87***	<0,01
URS Guará	Log.	99,99 (1,82)***	0,37 (0,04)***	12,90 (1,70)***	12,9	0,99***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Equação hiperbólica decrescente 2 parâmetros $Y = (a \cdot b) / (b + x)$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a estatura em 50%.

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Houve interação significativa dos fatores genótipos e doses para a variável densidade de plantas ($P < 0,01$). A equação logística mostrou melhor ajuste aos dados médios dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura. Para os demais genótipos não foi obtida regressão significativa entre a densidade de plantas e doses de iodosulfuron-methyl (Figura 3.27 e 3.11). As plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura mostraram redução da densidade numericamente superior àquela observada nos demais genótipos a partir de 2,5 g ha^{-1} de iodosulfuron-methyl. A densidade de plantas do genótipo URS Guria não diferiu destes dois genótipos quando utilizados 20 g ha^{-1} do herbicida (Figura 3.27).

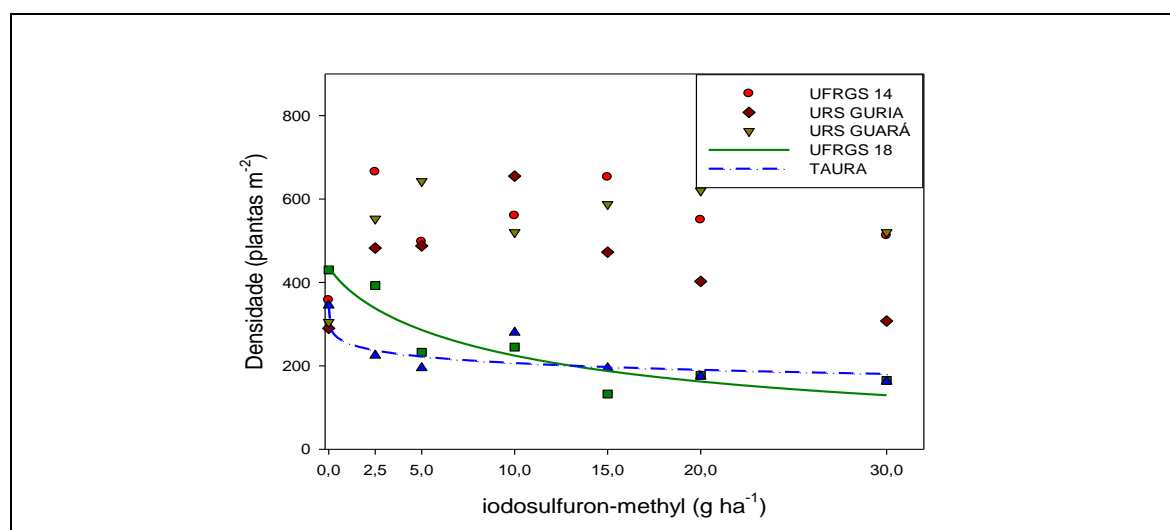


FIGURA 3.27 Densidade (plantas m^{-2}) de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 194,3 plantas m^{-2} . Equações na Tabela 3.11. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.11 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a densidade de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ R ²	⁵ p
	a	b	X ₀		
UFRGS 18	439,96 (51,68) ^{2***3}	0,83 (0,31)*	10,52 (4,30)*	0,79**	0,019
URS Taura	344,09 (41,36)**	0,28 (0,26) ^{ns}	43,10 (71,56) ^{ns}	0,60*	0,071

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Coeficiente de determinação do modelo.

⁵ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Os dados de massa da parte aérea da planta seca (% em relação à testemunha), avaliados aos 30 DAA, mostraram interação significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). A equação de melhor ajuste aos dados de massa seca foi a logística (Figura 3.28 e Tabela 3.12). Nesta variável foi observado elevado efeito do herbicida sobre as plantas dos genótipos em estudo. Mesmo nas menores doses foram observadas reduções significativas na massa dos genótipos em relação à testemunha. Dentre os genótipos avaliados, as plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura foram as que apresentaram maior redução da massa seca em relação aos demais genótipos. Numericamente, menores D_{50} foram obtidas nas plantas dos genótipos URS Taura, UFRGS 18 e URS Guria (Tabela 3.12).

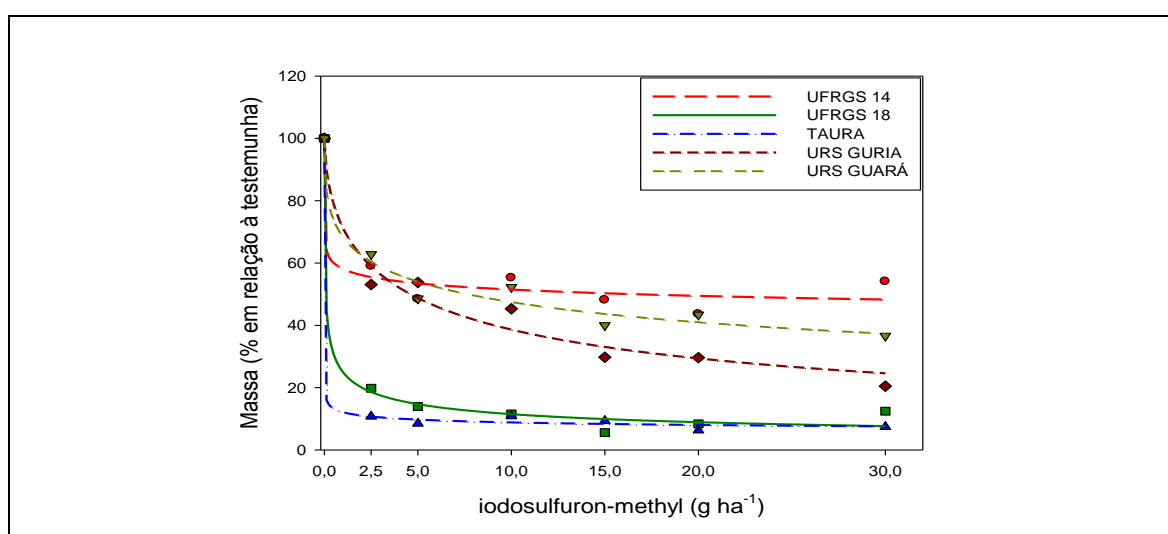


FIGURA 3.28 Massa (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 14,5%. Equações na Tabela 3.12. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.12 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada aos 30 dias após a aplicação do herbicida. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ D ₅₀	⁵ R ²	⁶ P
	a	b	X ₀			
UFRGS 14	100,01 (5,58) ^{2***3}	0,12 (0,11) ^{ns}	16,42 (21,69) ^{ns}	16,4	0,91***	<0,01
UFRGS 18	100,01 (3,32)***	0,41 (0,15)*	0,07 (0,11) ^{ns}	0,07	0,99***	<0,01
URS Taura	99,99 (1,54)***	0,15 (0,09) ^{ns}	2,18 x 10 ⁻⁶ (1,95 x 10 ⁻⁵) ^{ns}	-	0,99***	<0,01
URS Guria	99,57 (5,76)***	0,60 (0,13)***	4,66 (1,39)**	4,6	0,95***	<0,01
URS Guará	100,04 (4,41)***	0,38 (0,09)**	7,60 (2,40)**	7,6	0,96***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a/(1+(x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a massa seca em 50%.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na MPAS quando avaliada na época da colheita, também foi observada interação significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). As equações que apresentaram melhor ajuste aos dados médios desta variável foram à logística e a hiperbólica decrescente. Não foi possível ajuste para os dados de MPAS das plantas do genótipo URS Guará (Figura 3.29 e Tabela 3.13). Nesta avaliação também foi observada elevada sensibilidade ao iodosulfuron-methyl nas plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura. A D₅₀ obtida nas plantas destes dois genótipos foi de 0,23 e 2,32 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl, respectivamente para UFRGS 18 e URS Taura. Os dados de MPAS de plantas dos genótipos UFRGS 14 e URS Guria não permitiram a determinação da D₅₀ para o intervalo de doses testado (Tabela 3.13).

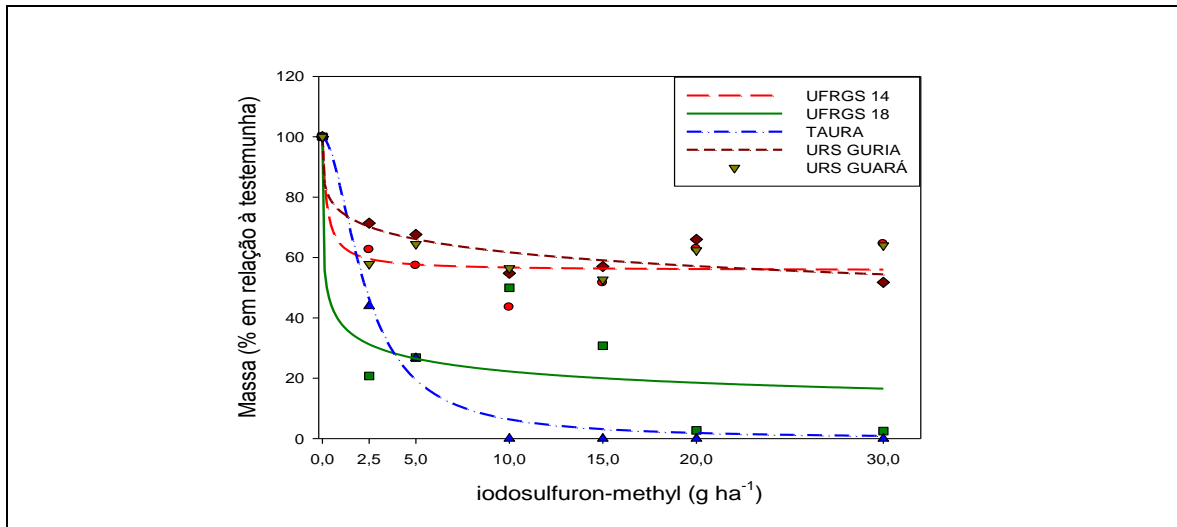


FIGURA 3.29 Massa (% em relação à testemunha) de plantas de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl, avaliada na época da colheita. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 21,7%. Equações na Tabela 3.13. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.13 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca de plantas de cinco genótipos de aveia, avaliada na colheita. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Equações	Parâmetros da equação de regressão					⁵ D ₅₀	⁶ R ²	⁷ P
		a	b	X ₀	y ₀				
UFRGS 14	Hip. dec. ¹	44,36 (10,65) ^{3***4}	0,24 (0,77) ^{ns}	-	55,65 (5,74) ^{***}	-	0,75**	0,028	
UFRGS 18	Log. ²	99,87 (18,98) ^{***}	0,33 (0,52) ^{ns}	0,24 (1,34) ^{ns}	-	0,23	0,68**	0,045	
URS Taura	Log.	99,71 (5,28) ^{***}	1,84 (0,41) ^{**}	2,32 (0,31) ^{***}	-	2,32	0,98 ^{***}	<0,01	
URS Guria	Log.	100,06 (5,95) ^{***}	0,27 (0,13) ^{ns}	56,93 (53,50) ^{ns}	-	-	0,87 ^{***}	<0,01	
URS Guará	-	-	-	-	-	-	-	-	

¹Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y_0 + (a*b)/(b+x)$

²Equação logística de 3 parâmetros $Y= a/(1+(x/X_0)^b)$

³Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁵Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a massa seca em 50%.

⁶Coefficiente de determinação do modelo.

⁷Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

O rendimento de grãos também mostrou interação significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). A equação logística foi a que demonstrou maior ajuste aos dados médios desta variável. Não foi identificada regressão significativa entre os dados de rendimento de grãos e doses de iodosulfuron-methyl para o genótipo URS Guará (Figura 3.30 e Tabela 3.14).

Quanto ao efeito do herbicida sobre o rendimento de grãos dos genótipos foi observado menor rendimento de grãos nas plantas dos genótipos UFRGS 18 e URS Taura, em relação aos demais genótipos, mesmo quando utilizado $2,5 \text{ g ha}^{-1}$ do herbicida iodosulfuron-methyl. Em contraste, plantas do genótipo UFRGS 14 apresentaram pouca redução no rendimento de grãos, mesmo na máxima dose testada do herbicida (Figura 3.30). Não houve ajuste significativo de nenhum modelo testado para o efeito de doses nas plantas do genótipo URS Guará, sendo que iodosulfuron-methyl não afetou o rendimento de grãos deste genótipo, mesmo na maior dose testada (Figura 3.30 e Tabela 3.14).

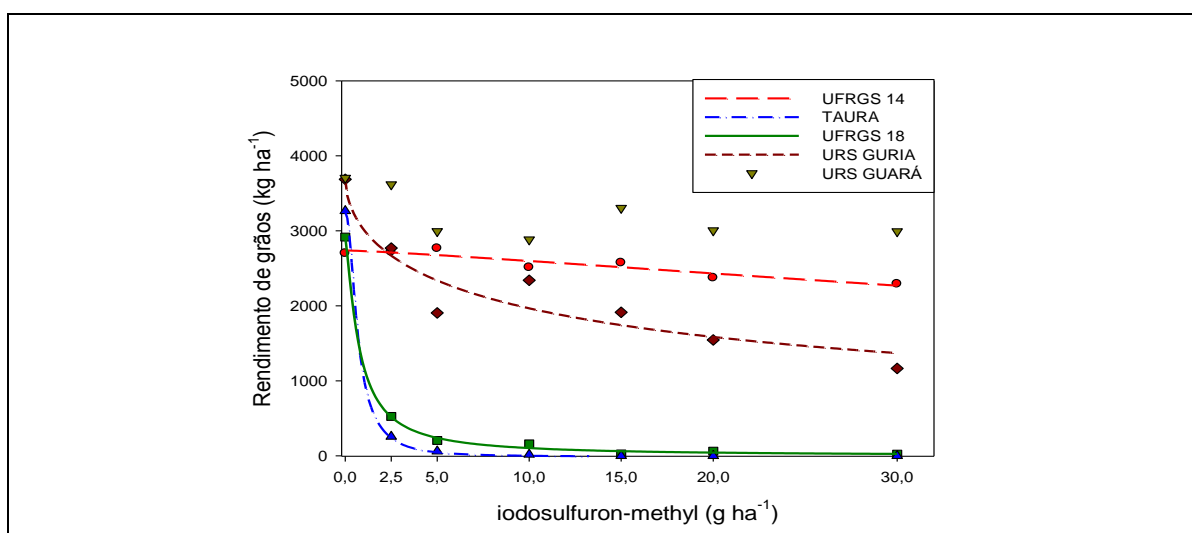


FIGURA 3.30 Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = $550,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Equações na Tabela 3.14. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.14 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ R ²	⁵ P
	a	b	X ₀		
UFRGS 14	2738,26 (63,36)***	1,22 (0,52) ^{2*3}	109,48 (63,79) ^{ns}	0,81**	0,015
UFRGS 18	3266,46 (4,25)***	2,15 (0,09)***	0,80 (0,04)***	0,99***	<0,01
URS Taura	2916,69 (39,02)***	1,28 (0,17)***	0,75 (0,15)***	0,99***	<0,01
URS Guria	3677,28 (318,56)***	0,60 (0,20)**	12,59 (4,99)*	0,85***	<0,01
URS Guará	3720,93 (258,44)***	0,32 (0,31) ^{ns}	1958,34 (8795,17) ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,163

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a/(1+(x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Coeficiente de determinação do modelo.

⁵ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Foi obtida interação significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$) na variável peso hectolitro de grãos. Para esta variável foi obtida regressão significativa apenas para os dados médios dos genótipos UFRGS 18 e URS Guria. As equações ajustadas foram a exponencial decrescente e a logística (Figura 3.31 e Tabela 3.15). O peso do hectolitro de grãos das plantas do genótipo URS Guria oscilou entre 45 e 38 kg hL⁻¹, na comparação entre os dois extremos de doses do herbicida. Nos grãos das plantas do genótipo UFRGS 14, houve oscilação de 7 kg hL⁻¹ entre os dois extremos de doses do herbicida (Figura 3.31). O peso do hectolitro máximo encontrado em outras pesquisas para o genótipo URS Guria no mesmo ano foi de 53,6 kg hL⁻¹ (Federizzi *et al.*, 2014).

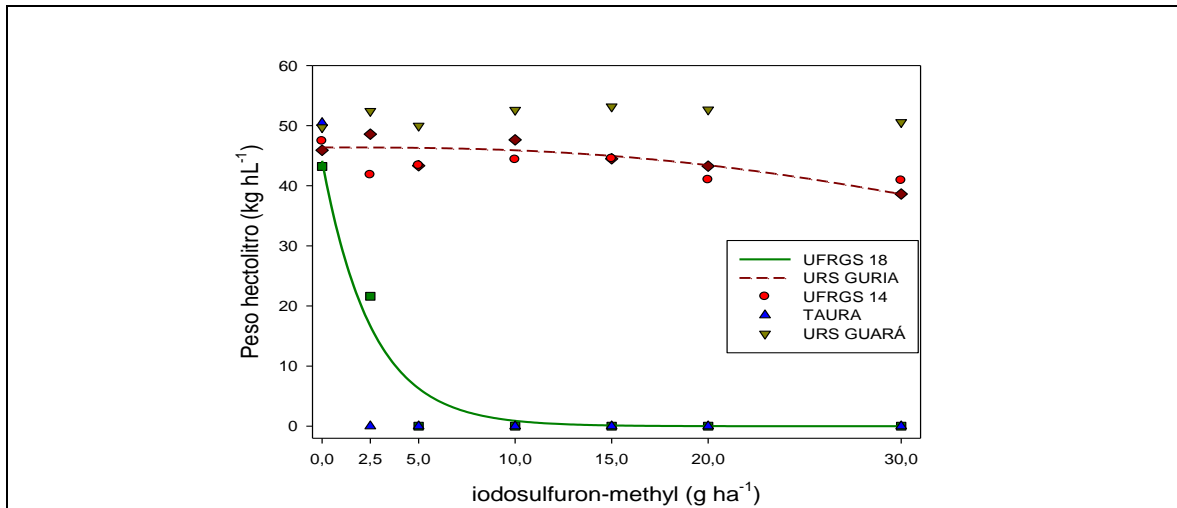


FIGURA 3.31 Peso hectolitro (kg hL^{-1}) de grãos de cinco genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = $5,1 \text{ kg hL}^{-1}$. Equações na Tabela 3.15. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

TABELA 3.15 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre o peso hectolitro dos grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

Genótipos	Equação	Parâmetros da equação de regressão				$^6R^2$	7P
		a	b	X_0	y_0		
UFRGS 14	Linear ¹	-0,14 (0,08) ^{ns}	-	-	44,99 (1,16) ^{***}	0,29 ^{ns}	0,12
UFRGS 18	Exp. decresc. ²	44,16 (3,60) ^{4***5}	0,39 (0,07) ^{***}	-	-	0,95 ^{***}	<0,01
URS Taura	-	-	-	-	-	-	-
URS Guria	Log. ³	46,38 (1,19) ^{***}	2,67 (1,77) ^{ns}	54,60 (23,32) [*]	-	0,61 [*]	0,068
URS Guará	-	-	-	-	-	-	-

¹ Equação linear $Y = y_0 + ax$

² Equação exponencial decrescente 2 parâmetros $Y = a * e^{(-bx)}$

³ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

⁴ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁵ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

3.3.3 Experimento 1 realizado em 2014

Na análise de variância dos dados de rendimentos de grãos se identificou interação significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). O modelo de melhor ajuste na regressão entre doses de iodosulfuron-methyl e rendimento de grãos foi o logístico (Figuras 3.32 e 3.33; Tabela 3.16). Neste primeiro experimento, na condição de ausência do herbicida se obtiveram maiores rendimentos de grãos nos genótipos URS Guará e URS Corona, com equivalente a 3.609 e 3.313 kg ha^{-1} de grãos respectivamente (Figuras 3.32 e

3.33). Os valores observados para os genótipos URS Guará e URS Corona em outras pesquisas realizadas no mesmo período foram de 3.843 e 4.170 kg ha⁻¹, respectivamente (Pacheco *et al.*, 2015). Nos tratamentos com maiores doses do herbcida iodosulfuron-methyl foi observada diminuição no rendimento a partir de 2,5 g ha⁻¹ do herbcida (Figura 3.32). Nos tratamentos com menores doses do herbcida, constatou-se redução do rendimento a partir de 1,0 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl para o genótipo URS Taura. O genótipo URS Corona mostrou menor diminuição no rendimento em comparação ao URS Taura. Mesmo quando utilizados 10 g ha⁻¹ do herbcida ainda se observou produção de grãos neste genótipo. No genótipo URS Taura esta produção foi limitada a dose de 2,5 g ha⁻¹ do herbcida (Figura 3.33).

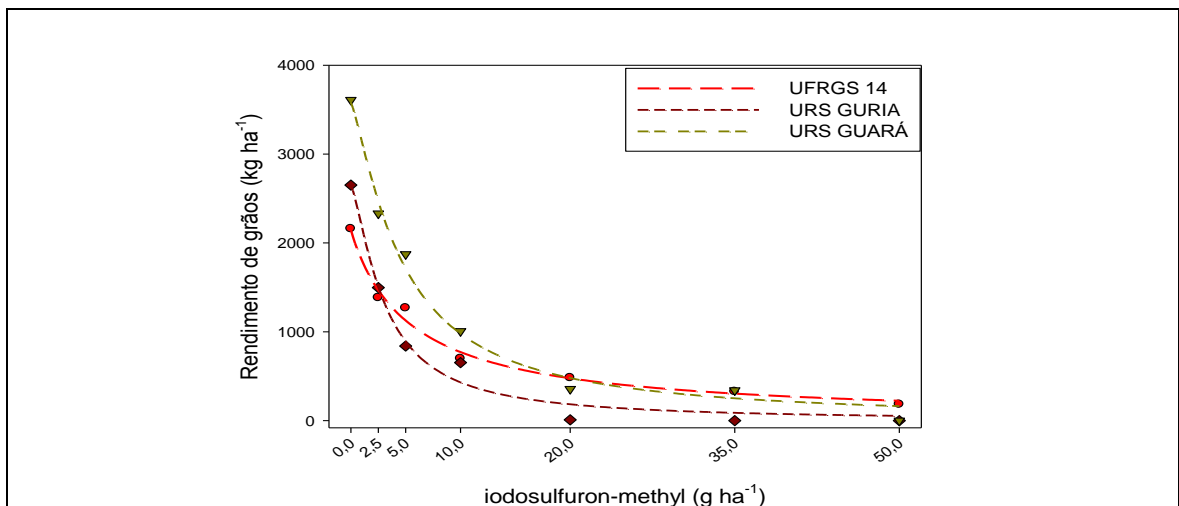


FIGURA 3.32 Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de três genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 347,81 kg ha⁻¹. Equações na Tabela 3.16. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

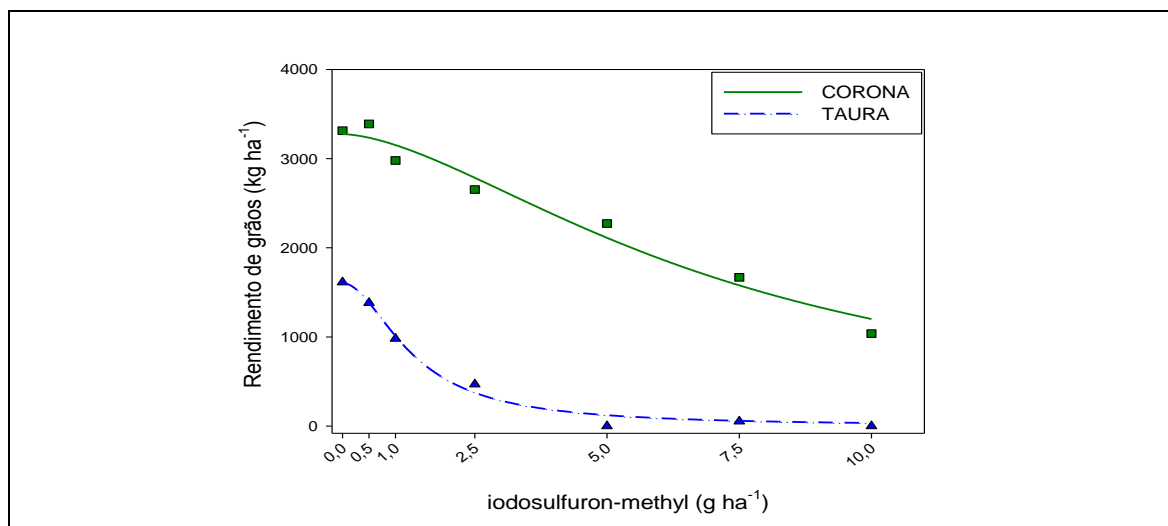


FIGURA 3.33 Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de dois genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = $347,81 \text{ kg ha}^{-1}$. Equações na Tabela 3.16. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.16 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

Genótipos	Parâmetros da equação de regressão			⁴ R ²	⁵ P
	a	b	X ₀		
UFRGS 14	2147,90 (93,28) ^{2***3}	0,98 (0,11)***	5,53 (0,79)***	0,98***	<0,01
URS Corona	3274,15 (127,08)	1,65 (0,36)**	7,18 (0,69)***	0,96***	<0,01
URS Taura	16031323 (76,37)***	1,89 (0,26)***	1,33 (0,14)***	0,99***	<0,01
URS Guria	2645,60 (152,44)***	1,39 (0,27)***	3,07 (0,48)***	0,98***	<0,01
URS Guará	3578,80 (154,69)***	1,28 (0,15)***	4,67 (0,54)***	0,98***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Coeficiente de determinao do modelo.

⁵ Probabilidade de significância da equao pelo teste t.

3.3.3.2 Experimento 2 realizado em 2014

No segundo experimento realizado também foi identificada interao significativa dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$) na análise de variância dos dados de rendimento de gros. O modelo de equao logística foi o que apresentou melhor ajuste na regressão entre doses de iodosulfuron-methyl e rendimento de grãos (Figuras 3.34 e 3.35; Tabela 3.17). Nesta segunda época de semeadura os rendimentos de grãos foram reduzidos em todos os genótipos avaliados. Na condio de ausência do herbcida os maiores rendimentos de grãos foram obtidos nos genótipos URS Guará e URS Guria, com

equivalente a 1.035 e 894 kg ha⁻¹ de grãos respectivamente (Figuras 3.34 e 3.35), valores menores aos encontrados na primeira época. Nos tratamentos com maiores doses do herbicida iodosulfuron-methyl, houve redução no rendimento a partir de 2,5 g ha⁻¹ do herbicida para os genótipos URS Guará e UFRGS 14 (Figura 3.34). Para os tratamentos com menores doses do herbicida se observou redução do rendimento a partir de 2,5 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl apenas para o genótipo URS Taura. No genótipo Corona houve diminuição do rendimento a partir de 5 g ha⁻¹ do herbicida. A produção de grãos foi mantida até a dose de 10 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl (Figura 3.35).

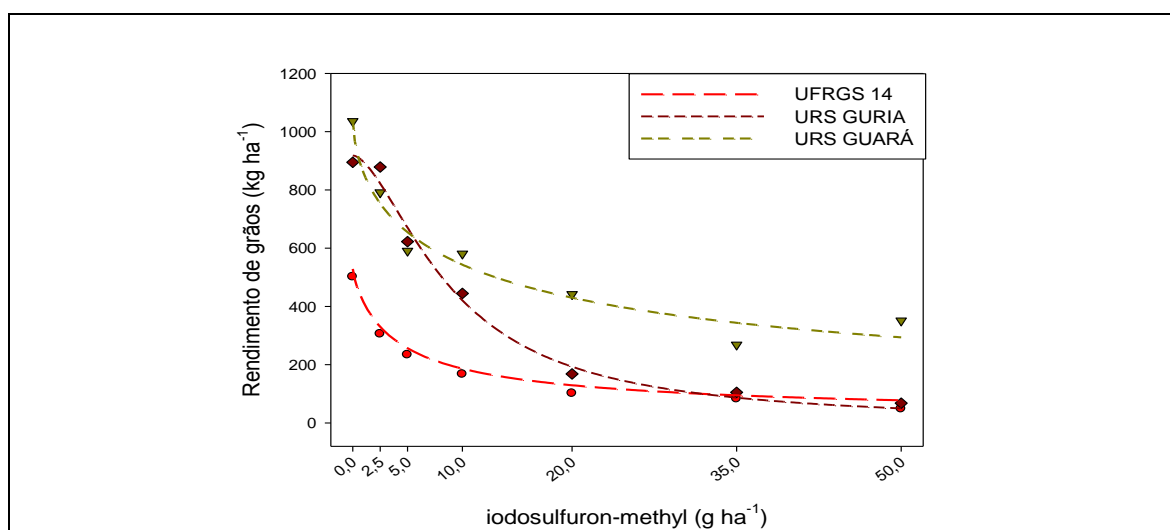


FIGURA 3.34 Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de três genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = 163,62 kg ha⁻¹. Equações na Tabela 3.17. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

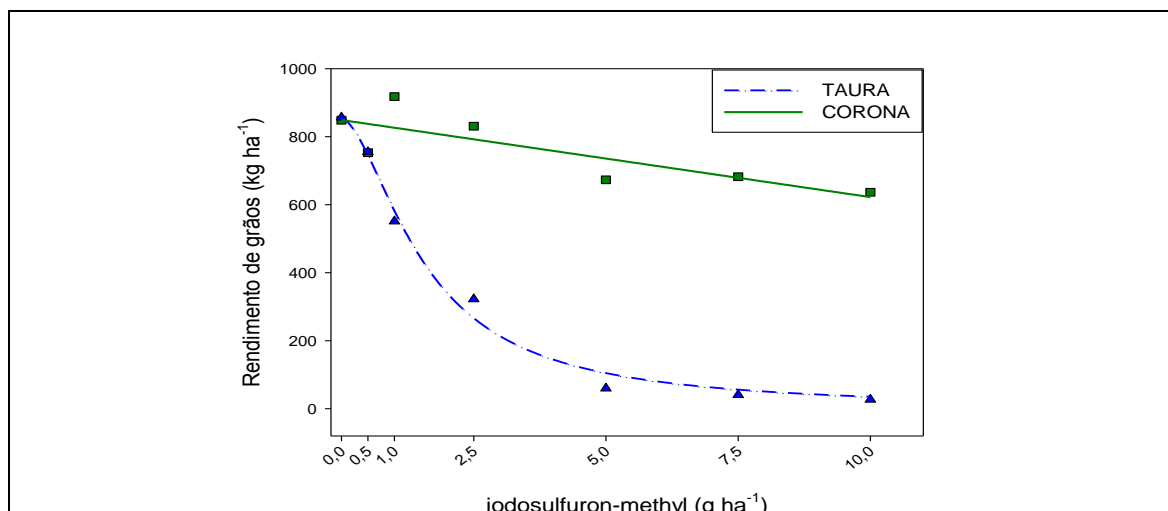


FIGURA 3.35 Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de dois genótipos de aveia em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre genótipos = $163,62 \text{ kg ha}^{-1}$. Equações na Tabela 3.17. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.17 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre rendimento de grãos de cinco genótipos de aveia. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

Genótipos	Equação	Parâmetros da equação de regressão				⁵ R ²	⁶ P
		a	b	X ₀	y ₀		
UFRGS 14	Log. ¹	501,22 (7,02) ^{3***4}	0,84 (0,03) ^{***}	4,26 (0,23) ^{***}	-	0,99 ^{***}	<0,01
URS Corona	Linear ²	-22,66 (6,92) ^{**}	-	-	848,93 (35,94) ^{***}	0,68 ^{**}	0,022
URS Taura	Log.	852,99 (37,80) ^{***}	1,70 (0,21) ^{***}	1,57 (0,17) ^{***}	-	0,99 ^{***}	<0,01
URS Guria	Log.	918,05 (40,15) ^{***}	1,67 (0,21) ^{***}	9,06 (0,94) ^{***}	-	0,98 ^{***}	<0,01
URS Guará	Log.	1039,10 (62,99) ^{***}	0,64 (0,12) ^{***}	11,54 (3,16) ^{**}	-	0,94 ^{***}	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Equação linear $Y = y_0 + ax$

³ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁴ Significância pelo teste 't' ao nível de: **5% e ***1% de probabilidade do resíduo.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t

3.3.4 Impacto da temperatura na seletividade inicial de iodosulfuron-methyl para plantas de aveia

A análise de variância para a tolerância relativa aos 21, 28 e 35 DAA indicou interação significativa dos fatores temperaturas e doses do herbicida iodosulfuron-methyl ($P < 0,01$). Isto denota que há efeito diferenciado das doses do herbicida sobre a tolerância relativa das plantas em função da temperatura após aplicação. A equação de melhor ajuste aos dados médios de tolerância relativa aos 21 DAA foi à logística (Figura 3.36 e Tabela

3.18). Na avaliação realizada aos 21 DAA foi observado efeito das temperaturas sobre a tolerância relativa das plantas do genótipo de aveia URS Taura. Mesmo nas menores doses testadas foi observada pouca sensibilidade das plantas ao herbicida sob temperaturas mais elevadas em relação àquelas mantidas sob baixas temperaturas após a aplicação (Figura 3.36). As D_{50} (X_0 na equação) das temperaturas de 10, 15 e 20°C mostraram numericamente valores contrastantes aos obtidos nas condições de 24, 28 e 32°C (Tabela 3.18).

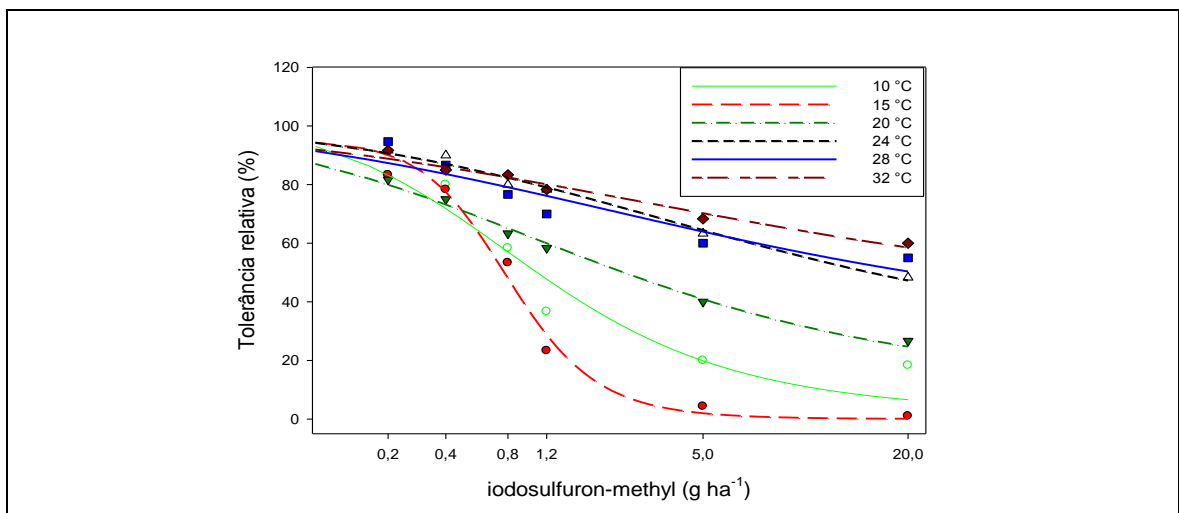


FIGURA 3.36 Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre temperaturas = 9,8%. Equações na Tabela 3.18. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.18 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa média de plantas do genótipo URS Taura, determinada aos 21 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Temperatura (°C)	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ P
	a	b	⁴ X ₀		
10	102,11 (8,81) ^{2***3}	0,90 (0,22)**	1,04 (0,33)**	0,92***	<0,01
15	95,04 (5,08)***	2,11 (0,48)**	0,81 (0,08)***	0,98***	<0,01
20	100,70 (2,05)***	0,54 (0,03)***	2,46 (0,29)***	0,99***	<0,01
24	100,85 (2,08)***	0,50 (0,04)***	15,54 (2,42)***	0,99***	<0,01
28	102,09 (6,00)***	0,39 (0,10)**	18,67 (10,72) ^{ns}	0,87***	<0,01
32	100,65 (2,15)***	0,37 (0,04)***	48,89 (14,03)**	0,97***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a tolerância relativa aos 28 DAA, a equação logística também foi a que propiciou melhor ajuste aos dados médios (Figura 3.37 e Tabela 3.19). Não houve diferença entre as temperaturas de 20 a 32°C até 1,2 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl. A maior sensibilidade das plantas ao herbicida foi observada nas temperaturas de 10 e 15°C em comparação às demais temperaturas avaliadas (Figura 3.37).

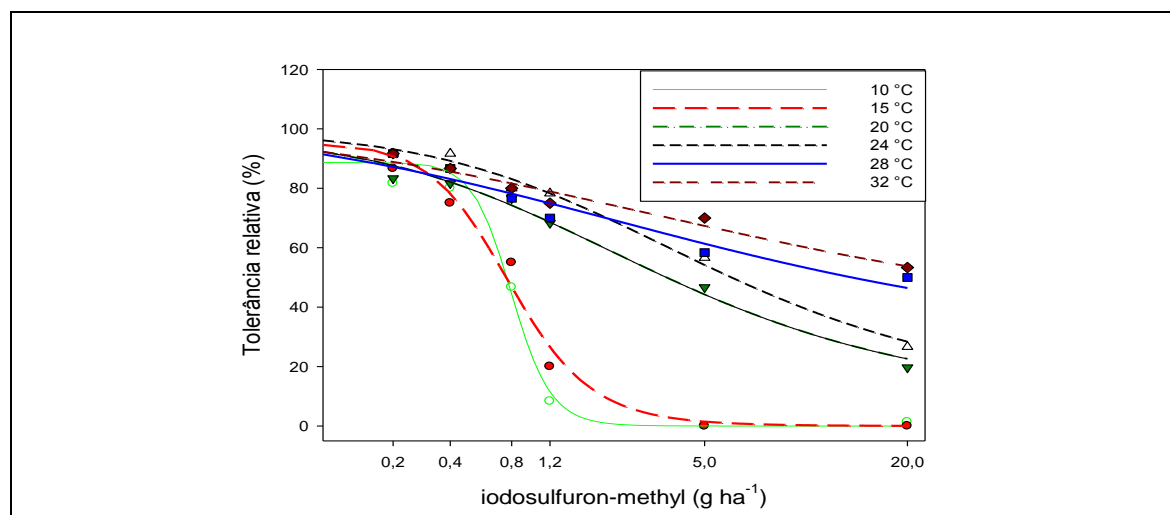


FIGURA 3.37 Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre temperaturas = 10,1%. Equações na Tabela 3.19. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.19 Estimativa dos parâmetros de ajuste das equações¹ que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 28 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Temperatura (°C)	Parâmetros da equação de regressão				
	a	b	⁴ X ₀	⁵ R ²	⁶ P
10	88,67 (4,78) ^{2***3}	4,69 (1,80)*	0,80 (0,06)***	0,97***	<0,01
15	95,19 (5,48)***	2,25 (0,56)**	0,79 (0,09)***	0,98***	<0,01
20	97,78 (3,08)***	0,73 (0,07)***	3,86 (0,61)***	0,98***	<0,01
24	99,13 (2,28)***	0,80 (0,07)***	6,33 (0,73)***	0,99***	<0,01
28	101,70 (4,48)***	0,43 (0,08)***	13,33 (4,97)*	0,94***	<0,01
32	100,55 (2,86)***	0,41 (0,06)***	27,94 (8,22)**	0,96***	<0,01

¹Equação logística de 3 parâmetros $Y = a/(1+(x/X_0)^b)$

²Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵Coefficiente de determinação do modelo.

⁶Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

De modo semelhante as demais variáveis, a equação logística mostrou melhor ajuste aos dados médios da tolerância relativa aos 35 DAA (Figura 3.38 e Tabela 3.20). Não se identificaram diferenças entre as temperaturas de 20 a 32°C até 1,2 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl. Entretanto, quando utilizado 20 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl, constatou-se menor sensibilidade das plantas nas temperaturas de 28 e 32°C, em comparação às demais condições de temperatura (Figura 3.38). As D₅₀ (X₀ na equação) das temperaturas de 10, 15, 20 e 24°C contrastaram numericamente com os valores obtidos nas condições de 28 e 32°C (Tabela 3.20).

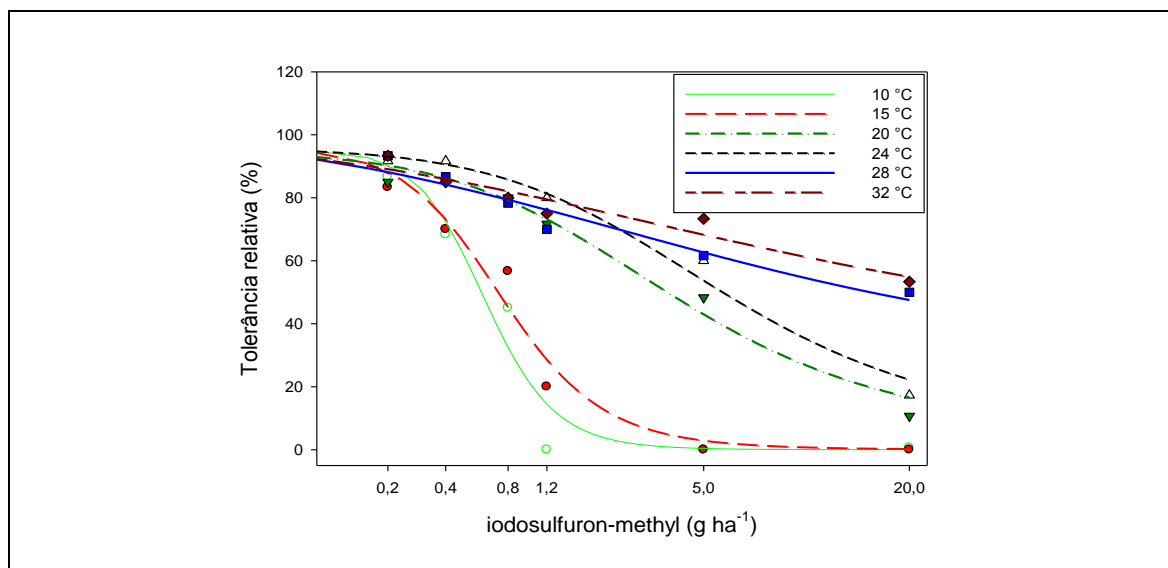


FIGURA 3.38 Tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre temperaturas = 10,1%. Equações na Tabela 3.20. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.20 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a tolerância relativa das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Temperatura (°C)	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ P
	a	b	⁴ X ₀		
10	95,26 (8,76) ^{2***3}	2,61 (0,90)**	0,62 (0,10)***	0,94***	<0,01
15	95,81 (7,36)***	1,84 (0,54)**	0,76 (0,12)***	0,96***	<0,01
20	94,90 (4,57)***	0,98 (0,17)***	4,12 (0,89)***	0,97***	<0,01
24	95,74 (4,10)***	1,04 (0,20)***	6,32 (1,28)***	0,96***	<0,01
28	101,69 (4,43)***	0,43 (0,08)***	14,83 (5,49)*	0,94***	<0,01
32	100,41 (4,14)***	0,41 (0,08)***	31,61 (14,05)*	0,92***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a estatura de plantas (% em relação à testemunha), avaliada aos 35 DAA, foi observada interação significativa dos fatores temperaturas e doses do herbicida ($P < 0,01$). O modelo de equação cujos parâmetros ajustaram-se aos dados médios desta variável foi o logístico (Figura 3.39 e Tabela 3.21). Observou-se maior sensibilidade das plantas nas temperaturas de 10 e 15°C, em relação às demais. A partir de 0,8 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl, houve redução na estatura das plantas nestas duas condições de temperatura. Nas

demais temperaturas avaliadas, observaram-se diferenças a partir de 5 g ha⁻¹ do herbicida. Porém, a menor sensibilidade das plantas foi obtida na temperatura de 32°C quando expostas a mesma dose do herbicida (Figura 3.39). As D₅₀ (X₀ na equação) das temperaturas de 10 e 15°C contrastaram numericamente com os valores obtidos nas outras condições de temperatura avaliadas (Tabela 3.21).

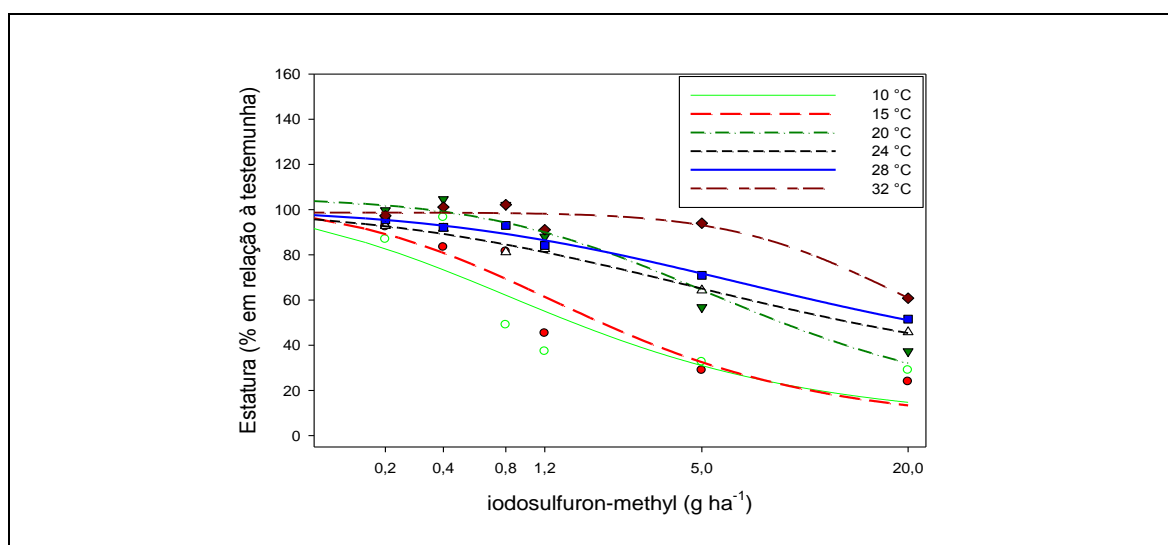


FIGURA 3.39 Estatura (% em relação à testemunha) de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre temperaturas = 14,6%. Equações na Tabela 3.21. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.21 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a estatura de plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Temperatura (°C)	Parâmetros da equação de regressão				
	a	b	⁴ X ₀	⁵ R ²	⁶ p
10	104,83 (17,43)***	0,68 (0,31) ^{2,3}	1,39 (1,07) ^{ns}	0,68**	0,045
15	103,46 (11,18)***	0,81 (0,25)**	1,91 (0,88)*	0,86***	<0,01
20	105,20 (5,65)***	0,92 (0,22)**	8,20 (2,19)**	0,92***	<0,01
24	100,49 (2,09)***	0,58 (0,05)***	14,25 (1,98)***	0,99***	<0,01
28	100,37 (2,02)***	0,64 (0,07)***	21,17 (2,93)***	0,98***	<0,01
32	98,69 (2,10)***	1,68 (0,67)*	26,58 (4,40)***	0,91***	<0,01

¹Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

²Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a estatura em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵Coefficiente de determinação do modelo.

⁶Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Em relação à massa da parte aérea das plantas secas (% em relação à testemunha), houve interação significativa dos fatores temperaturas e doses do herbicida ($P < 0,01$). A equação logística foi a que apresentou melhor ajuste aos dados médios (Figura 3.40 e Tabela 3.22).

Houve redução na massa das plantas principalmente nas temperaturas de 10 e 15°C a partir de 1,2 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfuron-methyl. Contudo, quando utilizados 20 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl não foram constatadas diferenças na faixa de temperaturas de 10 a 24°C. Apenas as plantas expostas as temperaturas de 28 e 32°C apresentaram menor redução da massa seca nesta dose (Figura 3.40). As D₅₀ (X₀ na equação) obtidas nas condições de 10 a 24°C contrastam com os valores da variável obtida quando as plantas estavam nas temperaturas de 28 e 32°C após a aplicação do herbicida (Figura 3.40 e Tabela 3.22).

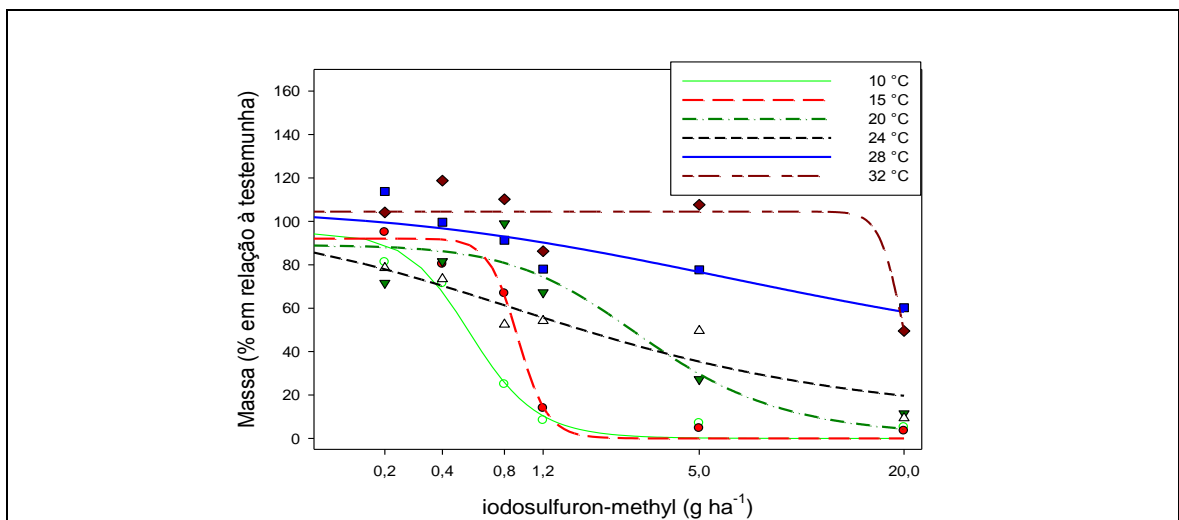


FIGURA 3.40 Massa (% em relação à testemunha) de plantas do genótipo de aveia URS Taura em resposta a diferentes doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar médias de doses entre temperaturas = 25%. Equações na Tabela 3.23. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 3.22 Estimativa dos parâmetros das equações¹ que descrevem o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e temperaturas sobre a massa da parte aérea seca das plantas do genótipo URS Taura, avaliada aos 35 dias após a aplicação do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Temperatura (°C)	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ P
	a	b	⁴ X ₀		
10	94,73 (5,87)***	2,72 (0,61) ² *** ³	0,56 (0,06)***	0,97***	<0,01
15	92,03 (4,49)***	6,42 (1,87)**	0,93 (0,05)***	0,97***	<0,01
20	89,09 (9,97)***	1,62 (0,88) ^{ns}	3,26 (1,42)*	0,82**	0,015
24	99,65 (9,79)***	0,58 (0,16)**	1,79 (0,93) ^{ns}	0,88***	<0,01
28	105,93 (9,31)***	0,55 (0,26) ^{ns}	28,82 (21,26) ^{ns}	0,69**	0,044
32	104,49 (5,47)***	15,40 (0,34) ^{ns}	19,86 (8,43) ^{ns}	0,72**	0,035

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a/(1+(x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a massa seca da parte aérea em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Houve correlação entre a taxa da eficácia do herbicida e as temperaturas. Observa-se que a taxa de eficácia do herbicida reduziu-se com o incremento da temperatura após a aplicação do herbicida (Figura 3.41). A temperatura ótima para seletividade, de acordo com a Equação 3.2, estaria acima (38°C) da máxima temperatura testada no experimento.

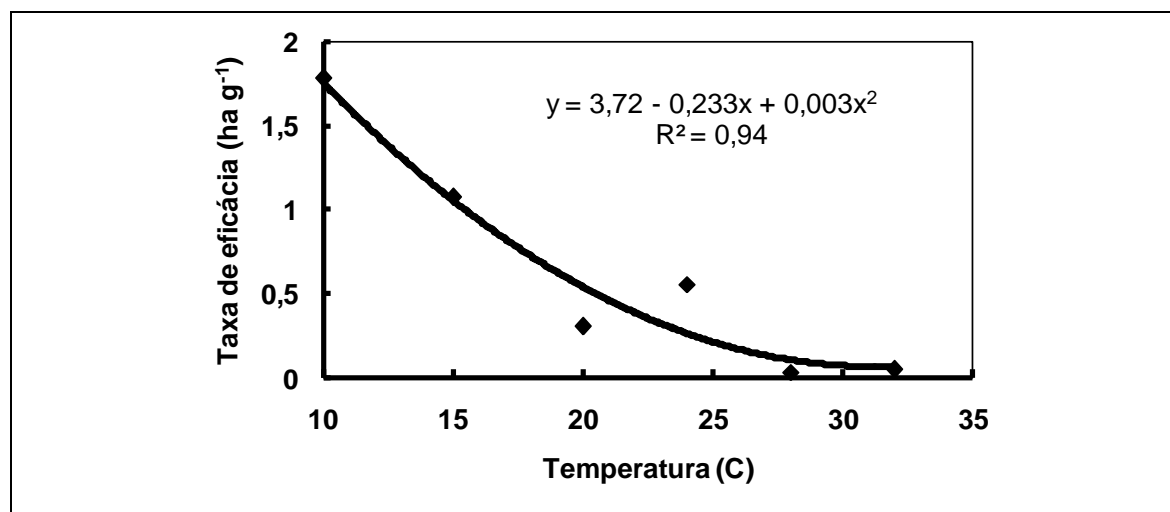


FIGURA 3.41 Correlação entre a taxa de eficácia de iodosulfuron-methyl em plantas do genótipo de aveia branca URS Taura, quando desenvolvidas em diferentes temperaturas do ar uma semana após a aspersão do herbicida. UFRGS, Porto Alegre, RS, 2014.

3.4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese avaliada neste capítulo é que a tolerância de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl depende da hora do dia em que o produto é aplicado nas plantas. Teorizava-se que as mudanças nas condições de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade do ambiente durante os horários de aspersão do herbicida influenciariam na tolerância dos genótipos de aveia. Esta hipótese não foi evidenciada em nenhuma das variáveis analisadas nos experimentos de 2012 (Tópicos 3.3.1 e 3.3.1.2).

Na literatura, há demonstração da influência dos horários de aplicação dos herbicidas inibidores da ALS no controle das plantas daninhas (Penckowski *et al.*, 2003; Stewart *et al.*, 2009; Stopps *et al.*, 2013), mas não na tolerância das culturas aos produtos. Por exemplo, o herbicida metsulfuron-methyl mostrou melhor eficácia no controle de *Raphanus raphanistrum* L. quando aspergido nos horários mais quentes do dia (10:30 e 13:30h) em contraste com as aplicações realizadas às 7:00 e 17:45 h (Penckowski *et al.*, 2003). Nesse mesmo trabalho, não se constatou variação na capacidade de tolerância da cultura do trigo em função do horário de aspersão de metsulfuron-methyl (Penckowski *et al.*, 2003). O produto nicosulfuron, aplicado em sete horários do dia (6:00; 9:00; 12:00; 15:00; 18:00; 21:00 e 24:00 h), foi mais eficaz no controle de *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. quando aplicado nos horários mais quentes do dia (12:00 e 15:00 h), mas também não afetou a tolerância da cultura do milho (Stewart *et al.*, 2009). De modo semelhante, o herbicida imazethapyr apresentou melhor eficácia no controle de *Abutilon theophrasti* Medik. quando aspergido entre 9:00 e 18:00 h comparado ao intervalo entre 21:00 e 6:00h, sem impacto na cultura de soja (Stopps *et al.*, 2013).

A segunda hipótese do capítulo é que a tolerância das plantas de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl depende da dose e dos genótipos de aveia utilizados. A tolerância das plantas foi dependente da variável avaliada e do ano em que o experimento foi realizado.

Todas as variáveis avaliadas nos experimentos mostraram tendência geral semelhante entre si, mas as que mais se destacaram para suportar a hipótese foram: massa da parte aérea seca (aos 30 DAA e na colheita) (Figura 3.28 e Tabela 3.12; Figura 3.29 e Tabela 3.13) e o rendimento de grãos (Figura 3.30 e Tabela 3.14). Ambas as variáveis englobam características vegetais determinadas em outras variáveis medidas nas plantas, o que lhes conferem maior acurácia na determinação dos efeitos do herbicida sobre os genótipos avaliados. A variável tolerância relativa, avaliada aos 30 DAA, mostrou menor precisão em comparação às outras variáveis (Figura 3.25 e Tabela 3.9 em contraste com as Figuras 3.28 e 3.30; Tabelas 3.12 e 3.13). Apesar de representar uma forma rápida de avaliação, a variável tolerância relativa é dependente de subjetividade do avaliador e dificilmente detecta pequenas diferenças nas plantas (em função dos tratamentos). Em contraste, as variáveis mensuradas a partir de equipamentos (como massa de parte aérea e dos grãos) é que foram sensíveis para diferenciar os efeitos procurados.

Houve recuperação da capacidade de tolerância das plantas nos experimentos realizados nos anos de 2012 e 2013, em comparação com 2014 (considerando principalmente os genótipos URS Guará e URS Guria, que estavam presentes em todos os experimentos de campo).

No experimento realizado em 2013, em todos os genótipos houve diminuição da massa da parte aérea seca, aos 30 DAA, a partir de 2,5 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl. Essa redução foi mais pronunciada em URS Taura e UFRGS 18 em relação aos demais genótipos (Figura 3.28 e Tabela 3.12). Mas, com o decorrer do tempo, as plantas se

recuperaram, de forma que não se observou efeito do herbicida no rendimento de grãos. Por exemplo, no genótipo UFRGS 14, o rendimento não foi afetado com iodosulfuron-methyl até a dose de 5 g ha⁻¹ (Figura 3.30 e Tabela 3.14).

Em ambos os experimentos realizados em 2014 (Tópicos 3.3.3 e 3.3.3.2) houve redução no rendimento a partir de 2,5 g ha⁻¹ do herbicida nos genótipos UFRGS 14, URS Guria e URS Guará, embora tenha havido sobrevivência de plantas mesmo em maiores doses (Figuras 3.32 e 3.34; Tabelas 3.16 e 3.17). Desta forma, as evidências suportam apenas parcialmente a segunda hipótese testada. Os resultados avaliados até aproximadamente um mês após a aplicação sugeriam que os genótipos URS Guará, URS Guria e UFRGS 14 eram tolerantes ao herbicida iodosulfuron-methyl. Todavia, os resultados de rendimento de grãos indicam que nenhum dos genótipos testados em campo, em 2014, foi tolerante ao iodosulfuron-methyl na dose de 5 g ha⁻¹ (a dose indicada para a cultura de trigo) (Brasil, 2015).

Existem pelo menos duas explicações para o efeito de ano na capacidade das plantas de um genótipo de aveia em tolerar o herbicida. Primeira, especula-se que o mecanismo de tolerância ao iodosulfuron-methyl em plantas de aveia envolve a degradação do herbicida e que as condições de temperatura no decorrer do ciclo da cultura alterem a capacidade metabólica das plantas e a sua habilidade em degradar o herbicida. Segunda, especula-se que o excesso de umidade e temperatura ocorridos em 2014 tenham favorecido o ataque de patógenos (ferrugem da folha e do colmo), o que requereu mais pulverizações de fungicida e que este tenha alterado a capacidade de degradação do herbicida pelas plantas. De fato, nos experimentos desenvolvidos em 2014, a partir da segunda metade do ciclo da cultura, foram realizadas três aplicações do fungicida tebuconazole.

Há relatos, em diversos organismos, sobre os efeitos inibitórios de fungicidas desse grupo químico (triazóis) nas enzimas de detoxificação do complexo citocromo P450 (Strushkevich *et al.*, 2010; Parker *et al.*, 2011; Koch *et al.*, 2013). Para testar a hipótese de que tebuconazole afetaria à tolerância ao herbicida em plantas de aveia poderia ser realizado um experimento de casa de vegetação (ou campo) com resposta à dose de iodosulfuron-methyl, comparando-se plantas de um genótipo tolerante (UFRGS 14, por exemplo) tratadas e não tratadas com o fungicida.

Outros trabalhos na literatura relatam baixa tolerância de aveia aos herbicidas inibidores da ALS (Vargas e Roman, 2005; MacRae *et al.*, 2007). Por exemplo, iodosulfuron-methyl, na dose de 3,5 g ha⁻¹, foi muito fitotóxico (> 80%) para genótipos de *Avena sativa* L. e de *Avena strigosa* Schreb. (Vargas e Roman, 2005). Da mesma forma, o herbicida mesosulfuron-methyl reduz em 70% o rendimento de grãos de aveia do genótipo Horizon (MacRae *et al.*, 2007).

Como antítese aos resultados acima, alguns estudos indicam tolerância em genótipos de aveia a outros herbicidas inibidores da ALS (Fischer *et al.*, 1999; Cargnin *et al.*, 2006). Os herbicidas thifensulfuron + tribenuron (inibidores da ALS), quando aspergidos em 10 genótipos de aveia branca, não reduziram o rendimento de grãos em oito genótipos (Fischer *et al.*, 1999). De modo similar, metsulfuron-methyl, na dose de 4 g ha⁻¹, não afetou o rendimento de grãos dos genótipos UPF 18, OR 2, UPF 19 e UFRGS 19 (Cargnin *et al.*, 2006).

A terceira hipótese deste capítulo era de que as condições ambientais após a aplicação do iodosulfuron-methyl influenciariam a tolerância da aveia ao herbicida. Os experimentos conduzidos em campo em 2012 suportam esta hipótese. De fato, no primeiro experimento de 2012, conduzido em condições de temperatura frias (média das

temperaturas máximas uma semana após a aplicação = 16,1°C e média das mínimas = 1,9°C), houve efeito de doses do herbicida para as variáveis estatura e massa da parte aérea das plantas secas, avaliadas aos 30 DAA (Figuras 3.10 e 3.13). Todavia, não houve efeito significativo de doses sobre essas variáveis quando o iodosulfuron-methyl foi aspergido numa segunda época do ano, sob condições de temperatura mais elevadas (média das temperaturas máximas uma semana após a aplicação = 27,9°C e média das mínimas = 14,7°C). Convém destacar que no segundo experimento conduzido em 2012 as doses utilizadas atingiram o dobro das avaliadas no primeiro experimento.

No experimento conduzido em casa de vegetação no ano de 2014 (Tópico 3.3.4), todas as variáveis avaliadas evidenciam que a tolerância de aveia ao herbicida é diretamente relacionada à temperatura na semana seguinte à aplicação do herbicida. Maiores evidências dessa hipótese foram constatadas nas variáveis de tolerância relativa e estatura, avaliadas aos 35 DAA. Para essas duas variáveis, as D_{50} obtidas para o genótipo URS Taura (sensível ao iodosulfuron-methyl) nas temperaturas de 10 e 15°C foram numericamente menores àquelas encontradas nas condições de 20, 24, 28 e 32°C (Figuras 3.38 e 3.39; Tabelas 3.20 e 3.21).

A temperatura tem impacto variável na atividade herbicida. Temperaturas elevadas (dentro de limites) favorecem a absorção e a translocação do herbicida (Xie *et al.*, 1996), aumentando a sua eficácia. Em contraste, temperaturas elevadas favorecem a detoxificação (degradação) de herbicidas inibidores da ALS em plantas (Koeppel *et al.*, 2000), prejudicando a sua atividade. A absorção do herbicida imazethabenz- C^{14} , por exemplo, quando aspergido em plantas de *Avena fatua* L. mantidas em temperaturas de 30/20°C (dia/noite), foi 18% maior do que sob 10/5°C. A translocação deste produto nas plantas sob 30/20°C foi 1,4% maior do que sob 10/5°C (Xie *et al.*, 1996). O efeito da temperatura na

detoxificação (degradação) do herbicida, a qual reduz a sua atividade, foi demonstrada com um trabalho com rimsulfuron na cultura de milho (*Zea mays* L.). Constatou-se maior detoxificação do herbicida nas temperaturas de 25 e 30°C em relação à condição de 10°C (Koeppel *et al.*, 2000).

A temperatura também pode afetar a cinética enzimática. Portanto, a enzima alvo do herbicida e as enzimas envolvidas na sua degradação (quando presentes) poderiam ter sua atividade (K_m) modificada em função das condições de temperatura (Mahan *et al.*, 2004). Temperatura ótima para a atividade das enzimas detoxificadoras poderia ser sub-ótima para a atividade da enzima alvo dos herbicidas. Isto favoreceria uma elevada tolerância. Essa condição foi observada em experimento realizado com *Gossypium hirsutum* L. transgênico, com tolerância ao herbicida inibidor da síntese de glutamina glufosinate-ammonium (não é um inibidor de ALS, mas de glutamina sintetase) (Mahan *et al.*, 2006).

As plantas dos experimentos desenvolvidos em campo em 2014 (tópico 3.3.3) apresentaram baixo rendimento em relação aos anos anteriores (tópicos 3.3.2 e 3.3.1). Estes resultados de rendimento servem de suporte indireto à nossa especulação, de que as condições abióticas e bióticas, além do maior número de aplicações do fungicida neste ano, provavelmente devem ter prejudicado a capacidade das plantas em degradar o herbicida e/ou superar a sua ação.

Esses resultados apresentam benefícios para o manejo de plantas daninhas na cultura da aveia por indicar que o herbicida iodosulfuron-methyl é seletivo para alguns genótipos da cultura. Contudo, algumas condições ambientais e produtos poderiam afetar sua seletividade à aveia. No capítulo 5 serão discutidas algumas implicações desses

resultados na decisão da indústria de herbicidas em registrar o iodosulfuron-methyl para a cultura de aveia.

3.5 CONCLUSÕES

A tolerância de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl depende do ambiente, dos genótipos e das doses utilizadas. Os genótipos de aveia UFRGS 14 e URS Guará, sem estresses ambientais são tolerantes ao iodosulfuron-methyl na dose de 5 g ha⁻¹. Os genótipos de aveia UFRGS 18, URS Taura e URS Corona são sensíveis ao iodosulfuron-methyl. Quando as plantas de aveia estão sem estresses abióticos e bióticos, a sua tolerância inicial é diretamente proporcional à temperatura. Condições de estresses ambientais podem reduzir a tolerância das plantas de aveia ao iodosulfuron-methyl.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, W. A. et al. Wheat cultivar tolerance to ae f130060 03. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 4, p. 881-886, 2004.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da estação experimental agronômica /UFRGS**. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, Porto Alegre, p.60, 1990.
- BÓNIS, P. et al. Herbicide tolerance of martonvásár maize genotypes. **Acta Agronomica Hungarica**, Martonvasar, v. 54, n. 4, p. 517-520, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários-AGROFIT**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 01 jan. 2015.
- CARGNIN, A. et al. Uso de herbicidas seletivos na produção de aveia branca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 139-143, 2006.
- CONTIERO, R. L. Selectivity of nicosulfuron and foramsulfuron + iodosulfuron methyl sodium to different corn cultivars. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1123-1134, 2009.

CROOKS, H. L.; YORK, A. C.; JORDAN, D. L. Tolerance of six soft red winter wheat cultivars to ae f130060 00 plus ae f115008 00. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 2, p. 252-257, 2004.

FEDERIZZI, L. C. *et al.* Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca conduzido na EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, no ano de 2013. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 34. Castro, PR. **Anais...**Castro: RCBPA, 2014. p. 1-3.

FERREIRA, K. L.; BAKER, T. K.; PEEPER, T. F. Factors influencing winter-wheat (*Triticum aestivum*) injury from sulfonylurea herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 4, n. 4, p. 724-730, 1990.

FISCHER, D. W. *et al.* Response of oat (*Avena sativa*) varieties and wild radish (*Raphanus raphanistrum*) to thifensulfuron plus tribenuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 1, p. 144-150, 1999.

KOCH, A. *et al.* Host-induced gene silencing of cytochrome p450 lanosterol c14 α -demethylase–encoding genes confers strong resistance to *Fusarium* species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 110, n. 48, p. 19324–19329, 2013.

KOEPPE, M. K., *et al.* Basis of selectivity of the herbicide rimsulfuron in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 66, n. 3, p. 170-181, 2000.

KONG, L. G. *et al.* Differential responses of two types of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to autumn- and spring-applied mesosulfuron-methyl. **Crop Protection**, Oxford, v. 28, n. 5, p. 387-392, 2009.

KRAMER, W. *et al.* **Modern crop protection compounds**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2012. v. 1-3. 1550 p.

MACRAE, A. W.; CULPEPPER, A. S.; GREY, T. L. Oat and rye tolerance to mesosulfuron and tribenuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 21, n. 4, p. 938-940, 2007.

MAHAN, J. R.; DOTRAY, P. A.; LIGHT, G. G. Thermal dependence of enzyme function and inhibition; implications for, herbicide efficacy and tolerance. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 120, n. 2, p. 187-195, 2004.

MAHAN, J. R. *et al.* Thermal dependence of bioengineered glufosinate tolerance in cotton. **Weed Science**, Lawrence, v. 54, n. 1, p. 1-5, 2006.

MARTINI, L. F. D. *et al.* Seletividade de herbicidas na cultura do arroz irrigado submetido ao estresse por baixas temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28. Campo Grande, MS. **Anais...**Londrina: CBCPD, 2012. p. 253-257.

MILLER, R. P. *et al.* Circadian response of annual weeds in a natural setting to high and low application rates of four herbicides with different modes of action. **Chronobiology International**, New York, v.20, n.2, p.299-324, 2003.

PACHECO, M. T. et al. Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca conduzido na UFRGS, Eldorado do Sul, em 2014. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 35. Porto Alegre, RS. **Anais...**Porto Alegre:RCBPA, 2015. p. 1-3.

PARKER, J. E. et al. Mechanism of binding of prothioconazole to *Mycosphaerella graminicola* cyp51 differs from that of other azole antifungals. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 4, p. 1460-1465, 2011.

PENCKOWSKI, L.H., et al. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

QUEIROZ, A. R. S.; VIDAL, R. A; MEROTTO Jr., A. Fatores que possibilitam a redução da dose dos herbicidas inibidores da enzima als: revisão de literatura. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 23, n.1, p. 25-36, 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.

ROMAN, E. S. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160p.

STEWART, C. L.; NURSE, R. E.; SIKKEMA, P. H. Time of day impacts postemergence weed control in corn. **Weed Technology**, Lawrence, v. 23, n. 3, p. 346-355, 2009.

STOPPS, G. J.; NURSE, R. E.; SIKKEMA, P. H. The effect of time of day on the activity of postemergence soybean herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 27, n. 4, p. 690-695, 2013.

STRUSHKEVICH, N.; USANOV, S. A.; PARK, H. W. Structural basis of human cyp51 inhibition by antifungal azoles. **Journal of Molecular Biology**, Toronto, v. 397, n. 4, p. 1067-1078, 2010.

VARGAS, L. e ROMAN, E. S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 1-10, 2005.

VIDAL, R. A. et al. Temperaturas cardiais da eficácia de fluazifop-p-butil em *Urochloa plantaginea* determinadas em condição de campo. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., Gramado, RS. **Anais...**Londrina: CBCPD, 2014. p. 1-5.

XIE, H. S.; HSIAO, A. I.; QUICK, W. A. Influence of temperature and light intensity on absorption, translocation and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenzmethyl in *Avena fatua*. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 15, n. 2, p. 57-62, 1996.

ZAGONEL, J. Eficácia do herbicida hussar (iodosulfuron metil sodium) no controle de *Lolium multiflorum* e *Raphanus raphanistrum* na cultura do trigo. In: Seminário técnico do trigo, 6. Londrina, PR. . **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa soja, 2005. p. 114-119.

CAPÍTULO 4 - ESTUDO DO MECANISMO DE TOLERÂNCIA AO IODOSULFURON-METHYL EM GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA

RESUMO

Em plantas cultivadas, a tolerância aos herbicidas pode ser conferida principalmente por alterações no local de ação do produto ou pela degradação do composto. Os objetivos desse trabalho foram avaliar a tolerância cruzada de plantas de aveia aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) pertencente a diferentes grupos químicos e elucidar o mecanismo de tolerância de genótipos ao herbicida iodosulfuron-methyl. Foram realizados três experimentos em condições de casa de vegetação no período de dois anos (2013 e 2014), mais um ensaio enzimático com ALS, em 2013. O delineamento utilizado nos experimentos foi o inteiramente casualizado, com pelo menos três repetições dos tratamentos testados. No ano de 2013, foi avaliada a tolerância dos genótipos de aveia UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18 aos herbicidas inibidores da ALS de quatro grupos químicos: imazethapyr (imidazolinona), nicosulfuron (sulfoniluréia), penoxsulam (triazolopirimidina) e bispyribac-sodium (pirimidinil-tiobenzoatos). Em 2014 foi conduzido ensaio em laboratório para avaliar a ação de iodosulfuron-methyl na enzima ALS extraída de plantas de aveia. Em casa de vegetação foram utilizados dois métodos indiretos para investigar a detoxificação do herbicida iodosulfuron-methyl nas plantas de aveia: o primeiro com inibidores da degradação (inseticidas malathion+chlorpyrifos) e o segundo com estimulador da mesma (o protetor mefenpyr-diethyl). Não houve tolerância cruzada nos genótipos UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18 para imazethapyr, nicosulfuron e bispyribac-sodium, mas esses genótipos foram menos afetados pelo herbicida penoxsulam. A atividade da enzima ALS extraída de plantas de aveia se mostrou sensível ao iodosulfuron-methyl. O herbicida iodosulfuron-methyl quando associado aos inibidores da detoxificação causou mais injúria às plantas de aveia testadas do que quando aplicado sozinho. O protetor mefenpyr-diethyl diminuiu o efeito de iodosulfuron-methyl na estatura das plantas do genótipo URS Guria. Esses resultados suportam a hipótese da detoxificação como mecanismo de tolerância de aveia ao iodosulfuron-methyl.

CHAPTER 4 - STUDY OF THE MECHANISM OF TOLERANCE TO IODOSULFURON-METHYL IN OAT GENOTYPES

ABSTRACT

In crop plants, the herbicide tolerance can be endowed mainly by mutations on the compound target site or by the product detoxification. The objectives of this study were to evaluate the cross tolerance of oat plants to acetolactate synthase (ALS) inhibiting herbicides from different chemical groups and to elucidate the mechanism of tolerance to iodosulfuron-methyl herbicide. Three experiments were conducted under greenhouse conditions in two-years (2013 and 2014), plus an ALS enzyme assay, in 2014. The experimental design used was completely randomized, with at least three repetitions of the treatments tested. In 2013, it was evaluated the tolerance of the oat genotypes UFRGS 14, Guara URS, URS Guria and UFRGS 18 to ALS-inhibiting herbicides from four chemical groups: imazethapyr (imidazolinone), nicosulfuron (sulfonylurea), penoxsulam (triazolopyrimidine) and bispyribac-sodium (pyrimidinyl tiobenzoates). In 2014 a laboratory experiment was conducted to evaluate the iodosulfuron-methyl activity on the ALS enzyme extracted from oat plants. At the greenhouse, the detoxification of iodosulfuron-methyl by the oat plants was investigated using two methods: the first with inhibitors of the detoxification (the insecticides malathion + chlorpyrifos), and the second with a plant safener (mefenpyr-diethyl). There was no cross-tolerance on the genotypes UFRGS 14, Guara URS, URS Guria and UFRGS 18 to imazethapyr, nicosulfuron and bispyribac-sodium, but these genotypes were less affected by the herbicide penoxsulam. The activity of the ALS enzyme extracted from oats was sensitive to iodosulfuron-methyl. The herbicide iodosulfuron-methyl when associated to inhibitors of the detoxification caused more injury to oat plants than when sprayed alone. The safener mefenpyr-diethyl has reduced the effect of iodosulfuron-methyl on the plant height from the oat genotype URS Guria. These results support the hypotheses that herbicide detoxification is the mechanism of oat crop tolerance to iodosulfuron-methyl.

4.1 INTRODUÇÃO

O iodosulfuron-methyl é um herbicida que inibe a acetolactato sintase (ALS), enzima chave na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada leucina, isoleucina e valina. Esse herbicida pertence ao grupo químico das sulfoniluréias. Produtos de outros grupos químicos também são inibidores da enzima ALS, incluindo as imidazolinonas, triazolopirimidinas, pirimidinil-tiobenzoatos e sulfonilaminocarbonil-triazolinona (Cobb e Reade, 2010; Kramer *et al.*, 2012).

Dois mecanismos estão relacionados à resistência aos herbicidas dessa classe em plantas daninhas, aqueles que estão relacionados ou não ao local de ação. A resistência devido ao local de ação alterado ocorre devido à modificação do local de ligação com o herbicida, a qual reduz ou elimina a interação com herbicida (Corbett e Tardif, 2006). Essa modificação pode ser gerada pela substituição de apenas um nucleotídeo no gene *als*, que conduz a alteração da sequência de aminoácidos da enzima ALS (Powles e Yu, 2010).

A resistência gerada por mecanismos não relacionados ao local de ação envolve mecanismos que reduzem a quantidade de herbicida que chega ao local de ação. Esses incluem a redução da taxa de translocação do herbicida, sequestro do herbicida do local de ação e principalmente aumento do metabolismo (detoxificação ou degradação) nas plantas (Corbett e Tardif, 2006; Yu e Powles, 2014).

Em plantas cultivadas são observados casos de tolerância cruzada aos diferentes grupos químicos de inibidores da ALS devido a mutações no local de ação (Webster e

Masson, 2001; Lee *et al.*, 2011; Krato *et al.*, 2012). O termo tolerância cruzada, de maneira análoga à resistência cruzada em plantas daninhas, refere-se à manifestação de tolerância em um biótipo de plantas a dois ou mais herbicidas que possuem um único mecanismo de ação (Oliveira Jr. *et al.*, 2011). Em muitos casos, a ocorrência de alteração no local de ação conduz a resistência para vários herbicidas que atuam no mesmo local. Contudo, também há resistência cruzada devido ao aumento do metabolismo (detoxificação) (Cobb e Reade, 2010).

Alguns métodos diretos e indiretos podem ser utilizados para a detecção do mecanismo envolvido na resistência de plantas. Os métodos diretos envolvem a determinação da sensibilidade da enzima ALS (Buker *et al.*, 2004; Yu *et al.*, 2007; Vega *et al.*, 2012), isolamento e sequenciamento do gene *als* (Uchino *et al.*, 2007), PCR (Corbett e Tardif, 2006) e determinação do metabolismo do herbicida pela planta com o uso da cromatografia líquida (Hosseini *et al.*, 2011; Yu e Powles, 2014). Algumas metodologias indiretas de avaliação do mecanismo de tolerância das plantas consistem na utilização de determinados produtos com ação inibitória (Hidayat e Preston, 2001; Kaspar *et al.*, 2011; Owen *et al.*, 2011; Beckie *et al.*, 2012) ou estimuladora (Yun *et al.*, 2001; Bunting *et al.*, 2004) da ação das enzimas de detoxificação.

Pesquisas desenvolvidas na década de 1990 demonstraram em ensaios *in vivo* e *in vitro* o efeito de alguns inseticidas organofosforados na inibição de enzimas envolvidas na primeira fase da detoxificação de herbicidas inibidores da ALS em plantas (Diehl *et al.*, 1995; Baerg *et al.*, 1996). Por exemplo, o herbicida nicosulfuron (inibidor da ALS), seletivo para a cultura de milho (*Z. mays* L.), pode causar fitointoxicação e reduzir o rendimento de grãos da mesma quando aspergido previamente o inseticida organofosforado terbufós. A avaliação da metabolização do herbicida pelas plantas *in vitro*

mostrou que o inseticida inibia a ação de enzimas do complexo citocromo P450 na hidroxilação do nicosulfuron (Diehl *et al.*, 1995). Em estudo semelhante, a adição dos inseticidas organofosforados terbufós e malathion inibiu em torno de 36 e 83% a hidroxilação do nicosulfuron em milho, respectivamente (Baerg *et al.*, 1996).

Todavia, existem produtos que estimulam a detoxificação dos herbicidas em algumas espécies vegetais, sendo esses chamados de protetores ou antídotos. Nomeadamente, o mefenpyr-diethyl é um protetor utilizado em pós-emergência em combinação com vários herbicidas dos grupos químicos ariloxifenoxipropionatos (inibidor da ACCase) e sulfoniluréias para proteção das culturas do trigo, centeio, triticale e algumas variedades de cevada (Kramer *et al.*, 2012). Alguns trabalhos demonstram que esse produto aumenta a síntese e a atividade das enzimas glutathione-S-transferases (GST) nas culturas da cevada (*Hordeum vulgare* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Scalla e Roulet, 2002; Cataneo *et al.*, 2013; Taylor *et al.*, 2013). Essas enzimas são responsáveis pela conjugação de metabólitos do herbicida com a homoglutationa (hGSH) ou glutathione (GSH) na segunda fase da detoxificação (Carvalho *et al.*, 2009). Contudo, não é esclarecido se essas seriam as principais responsáveis pela detoxificação dos herbicidas utilizados em conjunto com este protetor (Cataneo *et al.*, 2013). Também existe possibilidade de que esse protetor induza a atividade das enzimas de detoxificação do grupo citocromo P450 monooxigenases (Kramer *et al.*, 2012).

Os objetivos dos experimentos desenvolvidos nesse capítulo foram avaliar a tolerância de plantas de aveia aos diferentes grupos químicos dos herbicidas inibidores da ALS e elucidar o mecanismo de tolerância de genótipos ao herbicida iodosulfuron-methyl.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atender os objetivos propostos foram realizados experimentos na UFRGS e na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Para caracterização da tolerância cruzada dos genótipos de aveia branca em relação a quatro grupos químicos dos inibidores da ALS (sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidinil-tiobenzoatos), descritos no item 4.2.1. A atividade da enzima ALS através de experimento conduzido em laboratório de Bioquímica e Biotecnologia da UTFPR é descrita no item 4.2.2. O impacto de inibidores de detoxificação (malathion e chlorpyrifos) sobre a atividade do herbicida iodosulfuron-methyl foi determinada em experimentos de casa de vegetação descritos no item 4.2.3. O efeito de protetor (safeners) na seletividade de herbicidas inibidores da ALS aos genótipos sensíveis é descrito no item 4.2.4.

4.2.1 Caracterização da tolerância de genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) a quatro grupos químicos dos inibidores da ALS

Durante o outono/inverno de 2013 conduziu-se um experimento em casa de vegetação do Laboratório da Flora Ruderal (LAFLOR) pertencente ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, UFRGS, situada em Porto Alegre, RS. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo tri-fatorial, com três repetições e duas plantas por unidade experimental. O fator A foi constituído de quatro genótipos de aveia branca ('UFRGS 14', 'URS Guará', 'URS Guria' e 'UFRGS 18'). O fator B foi composto por herbicidas inibidores de ALS de quatro grupos químicos: imazethapyr (imidazolinona), nicosulfuron (sulfoniluréia), penoxsulam (triazolopirimidina) e bispyribac-sodium (pirimidinil-tiobenzoatos). O fator C pelas doses dos herbicidas (sem herbicida e o dobro da dose recomendada no rótulo): imazethapyr (0 e 212 g ha⁻¹ do i.a.),

nicosulfuron (0 e 100 g ha⁻¹ do i.a.), penoxsulam (0 e 120 g ha⁻¹ do i.a.) e bispyribac-sodium (0 e 100 g ha⁻¹ do i.a.).

O experimento foi desenvolvido entre os meses de junho e agosto de 2013 (temperatura máxima média= 19,93 ± 6,32°C e temperatura mínima média= 10,01 ± 2,43°C). A aveia foi semeada em recipientes plásticos furados com capacidade para 500 mL, contendo substrato na proporção de 1:1 (Argissolo vermelho: areia) mais a adição de 24 g da formulação 5-20-30 de N-P-K e 10 g de uréia para cada 20 kg de substrato mais 5 kg de substrato comercial (Beifort A-100, Classe A). Em cada vaso foram colocadas seis sementes e quando as plântulas apresentavam duas folhas foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por recipiente. A aspersão dos herbicidas foi realizada nas plantas quando se encontravam no estágio de 4-5 folhas, sendo utilizada câmara de aspersão, ponteira do tipo 80.02E, pressão de 200 kPa, regulada para um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. O herbicida imazethapyr (Imzetapir Plus Nortox, 106 g L⁻¹) foi aplicado em conjunto com 0,5% v/v de Assist; nicosulfuron (Nicosulfuron Nortox, 40 g L⁻¹) sem adição de adjuvante; penoxsulam (Ricer, 240 g L⁻¹) com adição de 0,5% v/v de Óleo vegetal; bispyribac-sodium (Agribac-S, 20 g L⁻¹) com 0,25% v/v de Fixade.

As variáveis avaliadas foram: tolerância relativa aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) do herbicida, estatura (distância entre a base do colmo e a folha bandeira), número de perfilhos e massa da parte aérea seca. Para avaliação da tolerância relativa utilizou-se 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), conforme descrito em 2.2.2. Para determinar a massa seca, aos 30 DAA, a parte aérea das plantas foi cortada e armazenada em estufa de circulação de ar forçada regulada a temperatura de 60 °C durante sete dias. A massa da

parte aérea seca foi convertida em valor percentual em relação à testemunha (MSPT) utilizando-se procedimento e equação já descritos anteriormente no Capítulo 2 (Equação 2.1). A estatura também foi convertida em valor percentual em relação à testemunha (EPT) utilizando-se procedimento análogo (Equação 2.1).

4.2.2 Sensibilidade da enzima ALS ao herbicida iodosulfuron-methyl

Avaliou-se a atividade da enzima ALS no Laboratório de Bioquímica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Pato Branco, PR. O ensaio foi baseado em método modificado a partir de Gerwick *et al.* (1993). A extração da enzima ocorreu após maceração de folhas de plantas de aveia (genótipo URS Taura) depois de congeladas em nitrogênio líquido, com tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,6 (3:1 v/m) contendo, para cada 100 mL de solução, 2,2 g de piruvato de sódio (200 mM), 0,025 g de cloreto de magnésio (1,25 mM), 0,057 g de tiamina pirofosfato (TPP) (1,25 mM) e 0,207 mg de flavina adenina dinucleotídeos (FAD 2,5 μ M). No processo de maceração foi adicionado polivinilpirrolidona (PVPP) na proporção de 0,25 g para cada grama de material vegetal. O material macerado foi filtrado e centrifugado a 15.500 rpm, por 15 minutos a 4°C, obtendo-se, assim, o extrato enzimático.

Para o ensaio *in vitro* da enzima ALS, realizado em microtubos, adicionou-se 500 μ L de solução herbicida. As concentrações finais do herbicida iodosulfuron-methyl, nos microtubos, foram de 0 (100% da atividade da enzima), 5, 25 e 50 μ M. Para o tratamento controle positivo (equivalente a 100% da atividade da ALS) foi utilizado 500 μ L de água destilada. Para o tratamento controle negativo (equivalente a 0% de atividade da enzima ALS) utilizou-se 250 μ L de H₂SO₄ 1,8 N. Em seguida, em cada microtubo foi adicionado 500 μ L de extrato enzimático, os quais foram incubados por um período de 90 min a 37°C.

Decorrido este tempo, as reações foram interrompidas com 250 μL de H_2SO_4 1,8 N, exceto nos controles negativos. Todos os tratamentos foram realizados com três repetições. Em seguida, iniciou-se a segunda incubação por 15 min a 60°C , para a formação da acetoína, que ocorre pela reação do ácido sulfúrico com o acetolactato, formado durante a primeira reação. Depois, adicionaram-se 700 μL de solução de hidróxido de sódio 2 N contendo creatinina a 0,25% e naftol a 2,5%, para a reação de formação do complexo colorido. Após, os tubos foram novamente incubados em banho-Maria por 15 min a 60°C . Posteriormente, foram obtidas as absorvâncias através de leituras em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800) a 535 nm.

Os valores de atividade da ALS foram expressos em unidade enzimática por miligrama (U mg^{-1}), em que uma unidade da acetolactato sintase é definida como a quantidade de enzima capaz de produzir 0,1 unidade de absorvância por minuto, expresso em função da concentração de proteínas totais (atividade específica). O teor de proteínas foi determinado pelo método de Bradford (1976). Os resultados de inibição da atividade enzimática foram convertidos em valores porcentuais, considerando-se como 100% de atividade na ausência do inibidor.

Os dados foram submetidos à análise da variância, pelo teste F ($P < 0,05$). A regressão entre a atividade enzimática e as concentrações do herbicida foi ajustada através de modelo quadrático. Foram utilizados os programas WINSTAT para realização das análises estatísticas e Sigma-plot 11.0 para a confecção dos gráficos.

4.2.3 Avaliação do efeito de inibidor de detoxificação sobre a ação do iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.)

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo tri-fatorial, com quatro repetições. O fator A foi constituído de genótipos de aveia branca com tolerância média ao iodosulfuron-methyl ('URS Guará' e 'URS Guria'); o fator B incluiu sete doses de iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹) (0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 g ha⁻¹ do i.a.); e o fator C envolveu duas condições de inibidor de detoxificação (sem e com inibidores de enzimas de detoxificação). Os inibidores utilizados foram os inseticidas organofosforados malathion (Malathion 500 EC, 500 g L⁻¹), na dose equivalente a 1.000 g ha⁻¹ do i.a. mais chlorpyrifos (Lorsban, 480 g L⁻¹), na dose equivalente a 1.125 g ha⁻¹ do i.a. (Fischer *et al.*, 2000; Beckie *et al.*, 2012).

O experimento foi desenvolvido entre os meses de abril e junho de 2014 (temperatura máxima média= 24,42 ± 5,26°C e temperatura mínima média= 14,47 ± 3,55°C). As plantas foram cultivadas em vasos plásticos drenáveis com capacidade para 500 mL, preenchidos com substrato. Esse consistiu da mistura solo (Argissolo vermelho): areia:composto (substrato comercial Beifort A-100, Classe A), na proporção de 3:1,5:1; com adição do adubo NPK 12-20-10, na dose de 0,125 g por vaso. Em cada vaso foram colocadas cinco sementes de aveia. Sete dias após a emergência das plântulas realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Durante todo o estudo, as plantas foram mantidas em casa de vegetação e foram irrigadas por aspersão para manter o substrato em capacidade de campo. A aplicação dos produtos foram realizadas quando as plantas estavam no estágio de três folhas. Utilizou-se câmara de aspersão pressurizada com ar comprimido, ponteira do tipo 80.02E, pressão de 200 kPa, regulada para volume de calda equivalente a 170 L ha⁻¹. Os inibidores de detoxificação (malathion +chlorpyrifos) foram

associados ao adjuvante ASSIST (0,5% v/v) e foram aspergidos aproximadamente três horas antes da aplicação do herbicida. O iodosulfuron-methyl foi associado com o surfactante Dash (0,5% v/v).

As variáveis avaliadas foram: tolerância relativa aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida. Nos 28 DAA foram avaliados a estatura (distância entre a base do colmo e a ponta da folha bandeira), distância entrenós (distância entre a inserção da terceira e quarta folha), número de folhas, número de perfilhos e coletada a parte aérea das plantas. A metodologia utilizada para avaliação foi à mesma descrita no item 4.2.1. Também foi determinada a D_{50} para as variáveis de tolerância relativa, estatura e massa da parte aérea seca conforme o descrito no Capítulo 2 (Tópico 2.2.1).

4.2.4 Efeito de protetor (safeners) na seletividade de herbicidas inibidores da ALS para plantas de aveia branca

Foi realizado um experimento entre julho e setembro de 2014 (temperatura máxima média= $22,65 \pm 4^{\circ}\text{C}$ e temperatura mínima média= $12,54 \pm 2^{\circ}\text{C}$) utilizando-se plantas do genótipo ‘URS Guria’, a qual apresenta sensibilidade ao iodosulfuron-methyl. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos organizados em esquema trifatorial e com três repetições. O fator A foi constituído por dois herbicidas inibidores da ALS (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium); o fator B incluiu as doses dos herbicidas iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg^{-1}) (0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 e $20,0 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) e bispyribac-sodium (Agribac-S, 20 g L^{-1}) (0; 1; 10; 30; 50; 70 e 100 g ha^{-1} do i.a.); e o fator C envolveu duas condições de protetor (sem e com aplicação prévia do protetor). O protetor utilizado foi o mefenpyr-diethyl (SIGMA, 99,9 %), na dose equivalente a 15 g ha^{-1} do i.a. Foram utilizados vasos plásticos drenáveis com capacidade para 500 mL,

preenchidos com substrato. Esse consistiu da mistura solo (Argissolo vermelho):composto (substrato comercial Beifort A-100, Classe A), na proporção de 1:1 ; com adição do adubo NPK 12-20-10, na dose de 0,125 g por vaso. Em cada vaso foram colocadas cinco sementes de aveia. Sete dias após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Durante todo o estudo, as plantas foram mantidas em casa de vegetação e foram irrigadas por aspersão para manter o substrato em capacidade de campo. As aplicações dos produtos foram realizadas quando as plantas estavam no estágio de três folhas. Utilizou-se câmara de aspersão pressurizada com ar comprimido, ponteira 80.02E, pressão de 200 kPa, regulada para volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. O protetor (mefenpyr-diethyl) foi associado ao adjuvante ASSIST (0,5% v/v) e aspergido aproximadamente três horas antes do herbicida. O iodosulfuron-methyl (Hussar, 50 g kg⁻¹) foi associado com o surfactante Dash (0,5% v/v) e o bispyribac-sodium (Agribac-S, 20 g L⁻¹) com o adjuvante ASSIST (0,5% v/v).

Aos 30 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas foram avaliadas as variáveis de tolerância relativa e estatura (distância entre a base do colmo e a folha bandeira), conforme o método descrito no item 4.2.1.

4.2.5 Análise estatística

Em todos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância, assumindo até 5% de probabilidade de erro para a interação entre os fatores testados. O teste de médias utilizado para determinação da DMS (diferença mínima significativa) foi o teste t a 5% de probabilidade. Nos experimentos que foram avaliadas curva de resposta à dose (Tópicos 4.22; 4.23 e 4.24) quando constatada interação entre os fatores, os dados foram submetidos à análise de regressão entre a variável dependente e a dose, testando-se

os modelos polinomial (linear ou quadrática), hiperbólico decrescente e logístico. O modelo de regressão adotado foi decidido considerando-se ao menos dois dos seguintes critérios: a) coeficiente de determinação significativo; b) a probabilidade de significância da equação pelo teste t, considerando até 10% de probabilidade; e c) a equação com menor valor do quadrado médio do resíduo.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Tolerância cruzada

A análise de variância da tolerância relativa de plantas avaliada aos 10 ($P < 0,01$), 20 ($P < 0,01$) e 30 ($P < 0,05$) DAA mostrou interação significativa dos fatores genótipos, herbicidas e doses. Para a tolerância relativa determinada aos 10 DAA, observou-se redução dessa variável em todos os tratamentos quando em comparação com sua respectiva testemunha não aspergida com herbicida. Quando realizada a comparação das plantas dos genótipos dentro da condição com aplicação do herbicida, não se identificou diferença na tolerância relativa média dos genótipos para imazethapyr (Figura 4.1 A). No tratamento com nicosulfuron, visualizou-se menor nível de tolerância relativa nas plantas do genótipo UFRGS 14 (Figura 4.1 B). Nas plantas dos genótipos URS Guará e URS Guria foi observada a menor tolerância relativa ao penoxsulam (Figura 4.1 C). Para o bispyribac-sodium, houve maior sensibilidade nas plantas dos genótipos URS Guará, URS Guria e UFRGS 18 (Figura 4.1 D).

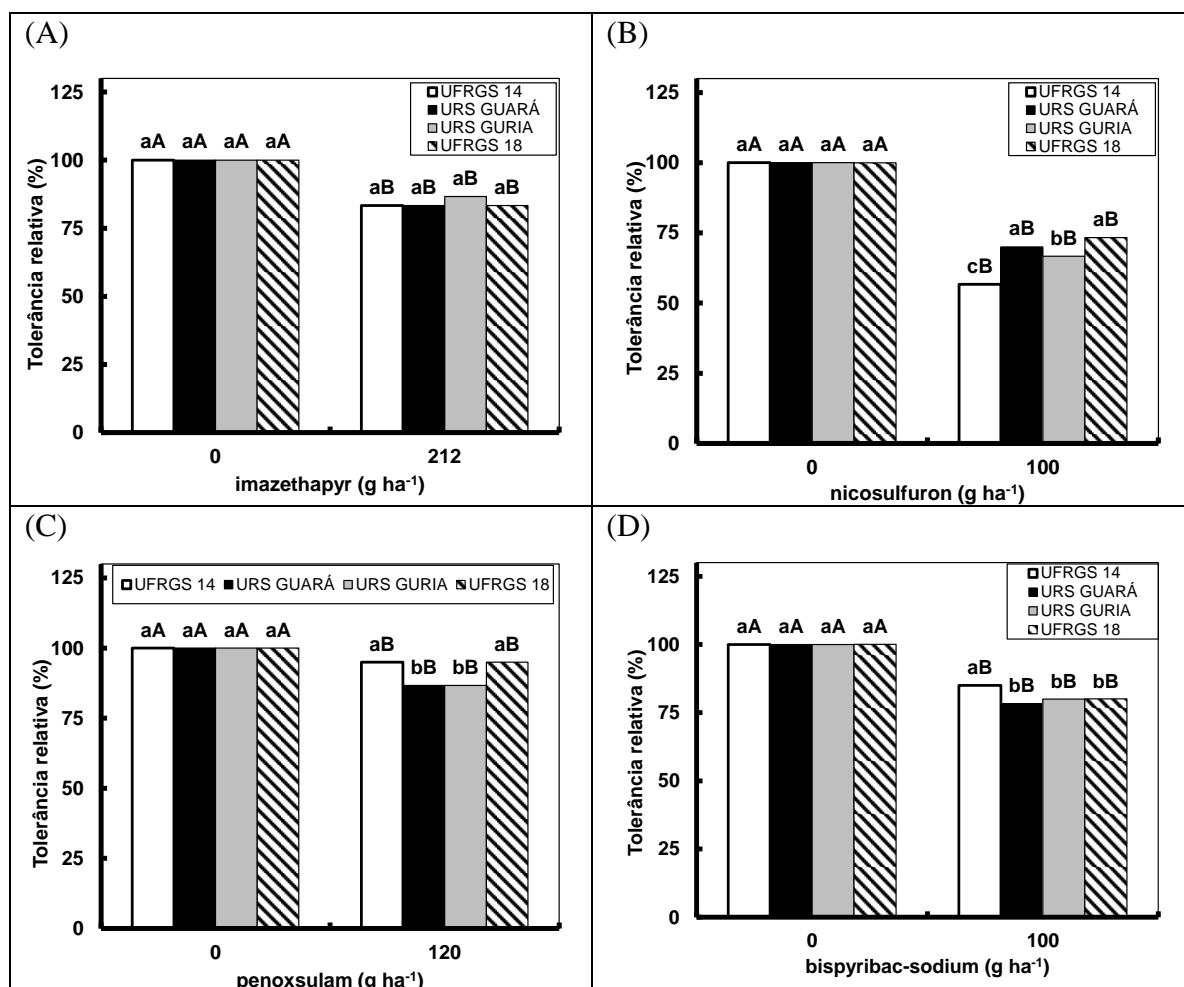


FIGURA 4.1 Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 10 dias após a aplicação dos herbicidas. Genótipos com a mesma letra minúscula numa mesma dose não são diferentes. Genótipo com mesma letra maiúscula nas duas doses não difere ($P>0,05$) da testemunha, pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

Na tolerância relativa, avaliada aos 20 DAA, constatou-se redução nos valores da variável, principalmente nos tratamentos com nicosulfuron, imazethapyr e bispyribac-sodium, quando em comparação com sua respectiva testemunha. Não houve diferença no nível de tolerância relativa das plantas do genótipo UFRGS 14 em relação à sua testemunha (Figura 4.2 C). Quando comparado o nível de tolerância relativa média dentro da mesma condição de dose do herbicida, não se identificou diferença na tolerância relativa média dos genótipos para imazethapyr (Figura 4.2 A). No tratamento com nicosulfuron

constatou-se a menor amplitude de tolerância relativa média entre os herbicidas testados, obtendo-se 6 e 23% de tolerância relativa, respectivamente, para as plantas dos genótipos UFRGS 14 e URS Guria (Figura 4.2 B). Nas plantas tratadas com o herbicida penoxsulam, houve maior sensibilidade nos genótipos URS Guará e URS Guria enquanto que para o herbicida bispyribac-sodium, constatou-se maior sensibilidade nesses dois genótipos e no genótipo UFRGS 18 (Figura 4.2 C e D).

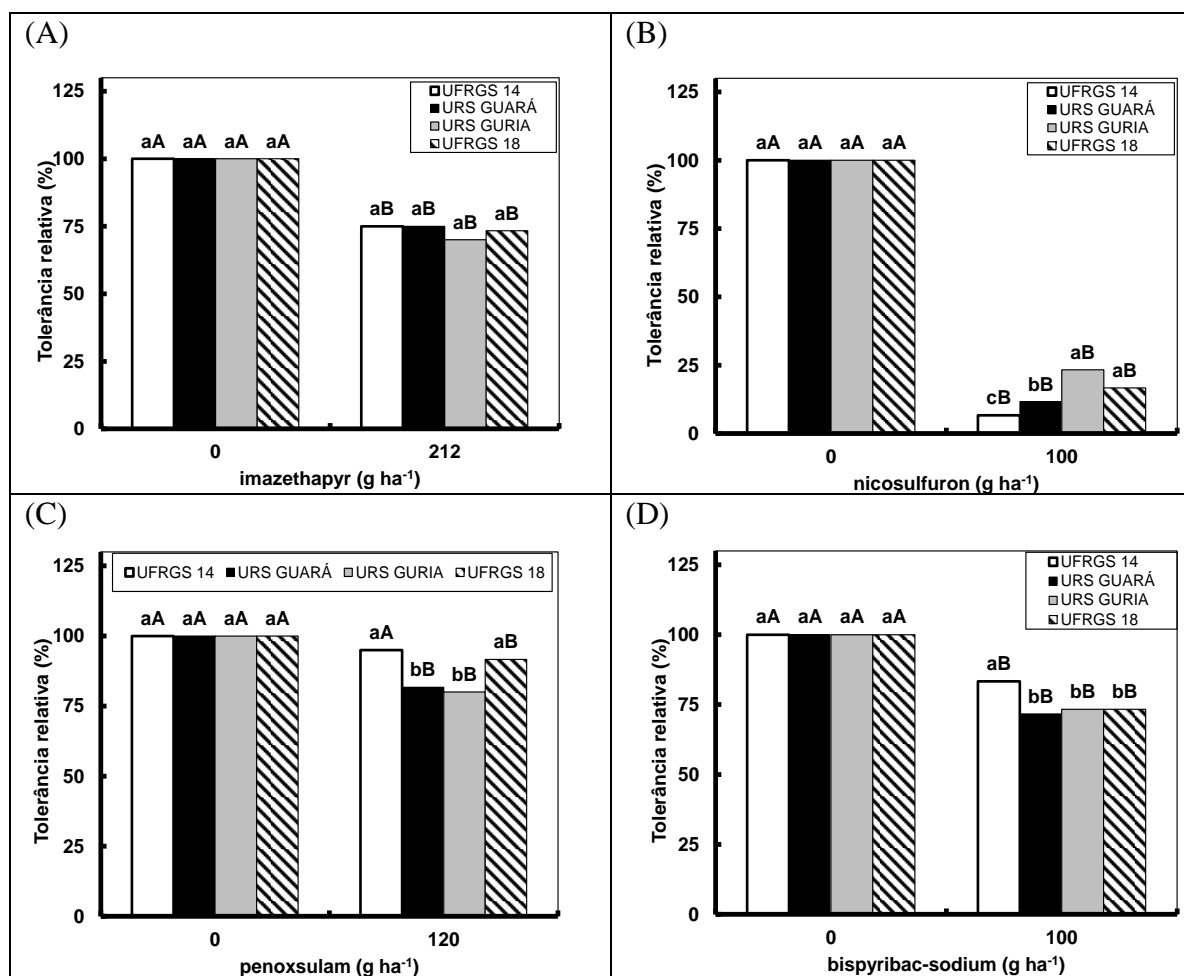


FIGURA 4.2 Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 20 dias após a aplicação dos herbicidas. Genótipos com a mesma letra minúscula numa mesma dose não são diferentes. Genótipo com mesma letra maiúscula nas duas doses não difere ($P > 0,05$) da testemunha, pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

Na tolerância relativa avaliada aos 30 DAA, foi observada maior sensibilidade das plantas dos genótipos de aveia branca, em ordem decrescente, aos herbicidas nicosulfuron, imazethapyr e bispyribac-sodium quando em comparação com sua respectiva testemunha. Não houve diferença no nível de tolerância relativa das plantas dos genótipos UFRGS 14 e UFRGS 18 em relação a suas respectivas testemunhas para o penoxsulam (Figura 4.3 C). Quando realizada a comparação dentro da mesma condição de dose do herbicida, todas as plantas dos genótipos testados se mostraram sensíveis ao imazethapyr e nicosulfuron

(Figura 4.3 A e B). Nas plantas tratadas com o herbicida penoxsulam foi verificada maior sensibilidade nas plantas dos genótipos URS Guará e URS Guria em relação aos genótipos UFRGS 14 e UFRGS 18 (Figura 4.3 C). A menor sensibilidade ao herbicida bispyribac-sodium foi obtida nas plantas do genótipo UFRGS 14 em comparação com os demais genótipos na mesma dose (Figura 4.3 D).

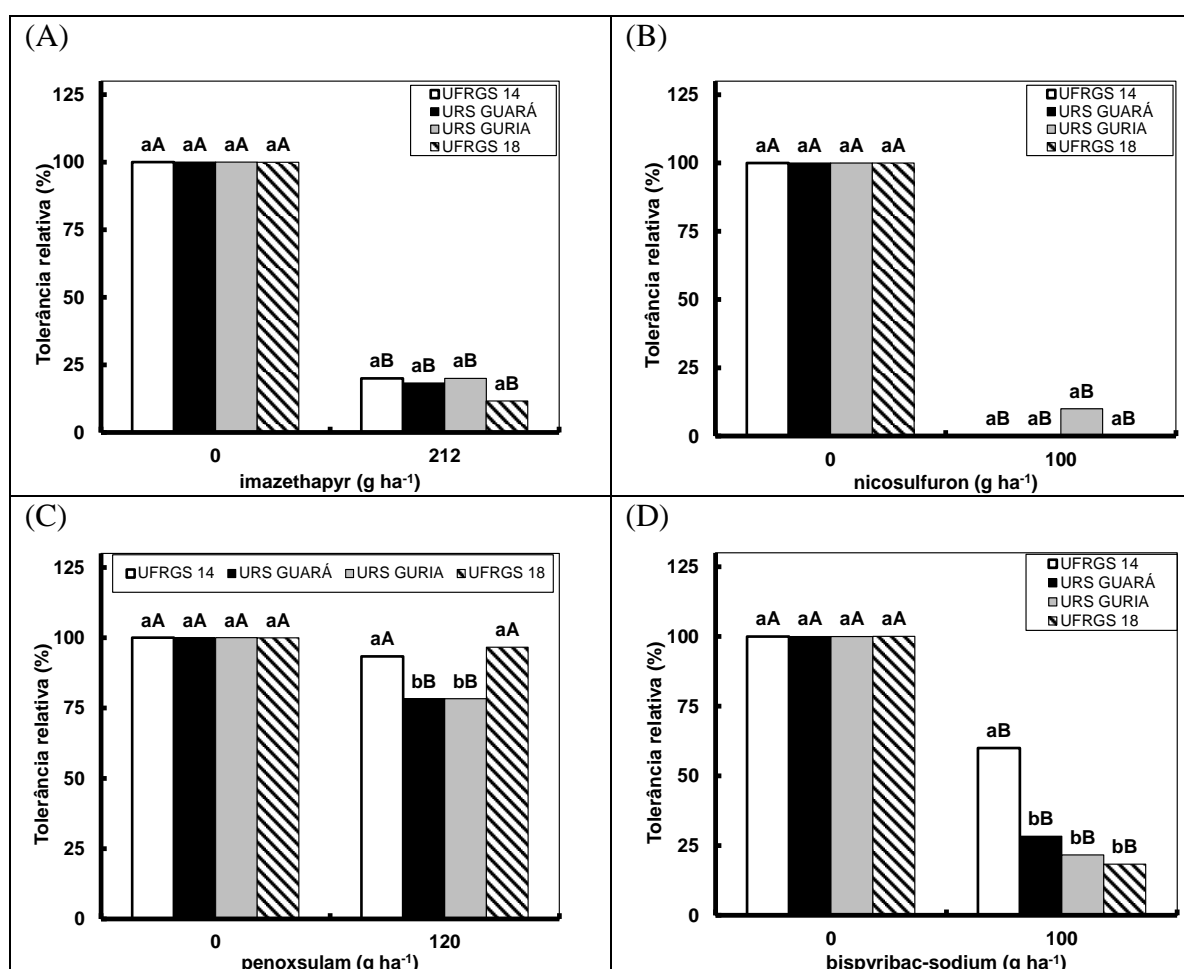


FIGURA 4.3 Tolerância relativa de plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18) a quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr (A), nicosulfuron (B), penoxsulam (C) e bispyribac-sodium (D)), determinada aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas. Genótipos com a mesma letra minúscula numa mesma dose não são diferentes. Genótipo com mesma letra maiúscula nas duas doses não difere ($P > 0,05$) da testemunha, pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

Não foi obtida interação dos fatores genótipos, herbicidas e doses para a estatura de plantas (% em relação à testemunha) avaliada aos 30 DAA. Houve interação entre os fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). Nas plantas de todos os genótipos avaliados ocorreram reduções na estatura média (de quatro herbicidas) quando comparadas com o tratamento sem herbicida. As plantas do genótipo UFRGS 14 apresentaram menor estatura média (de quatro herbicidas) dentro da condição com herbicidas (Figura 4.4).

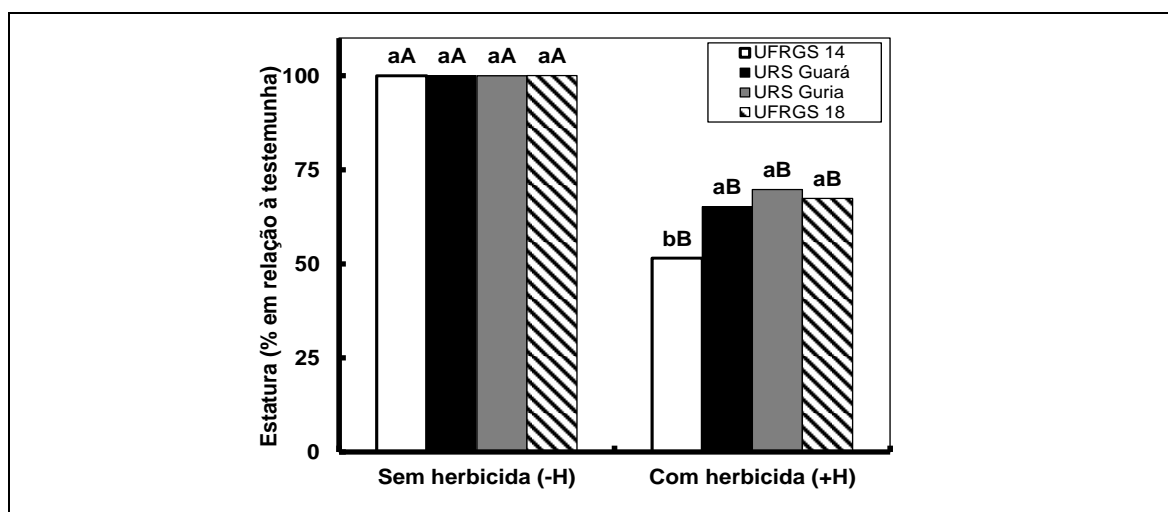


FIGURA 4.4 Estatura de plantas de diferentes genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), expressa em percentual em relação à testemunha, avaliada aos 30 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). Genótipos com a mesma letra minúscula numa mesma condição de herbicida não são diferentes. Genótipo com mesma letra maiúscula nas duas condições de herbicida não difere ($P > 0,05$) da testemunha, pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

Para a variável de número de perfilhos avaliada aos 30 DAA constatou-se interação significativa ($P < 0,01$) dos fatores genótipos, herbicidas e doses. Ocorreram decréscimos no valor dessa variável quando foram utilizados os herbicidas nicosulfuron, imazethapyr e bispyribac-sodium, em comparação a suas respectivas testemunhas. Em contraste, o herbicida penoxsulam favoreceu o perfilhamento das plantas dos genótipos avaliados. O

maior número de perfilhos no tratamento com penoxsulam foi observado nas plantas do genótipo UFRGS 18 (Figura 4.5).

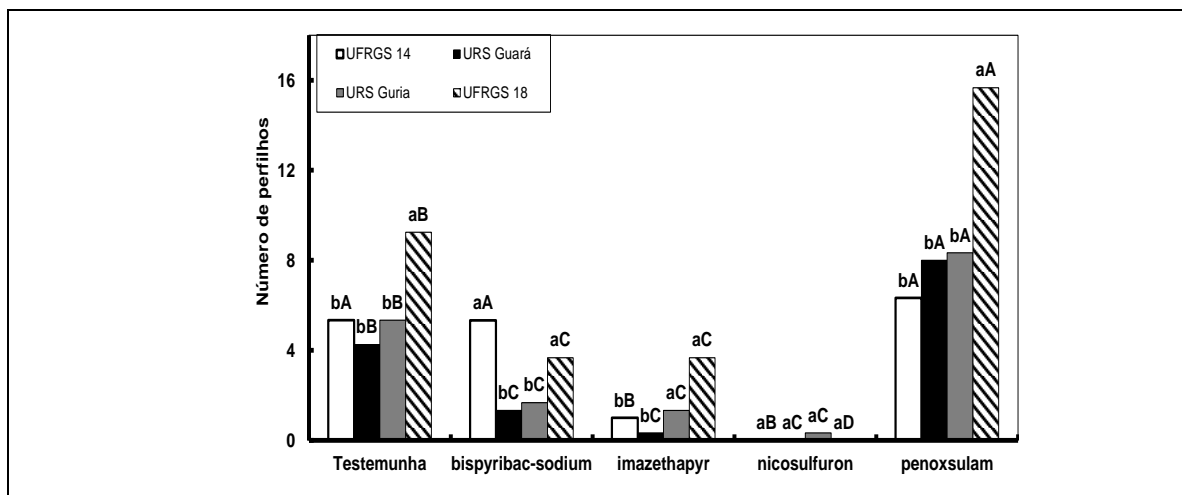


FIGURA 4.5 Número médio de perfilhos em plantas de quatro genótipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), determinado aos 30 dias após a aplicação de quatro herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). Genótipos com a mesma letra minúscula numa mesma condição de herbicida não são diferentes. Genótipo com mesma letra maiúscula entre as condições de herbicida não se difere ($P>0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

Na análise de variância dos dados de massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) não foi constatada interação dos fatores genótipos, herbicidas e doses. Houve interação entre herbicidas e doses ($P<0,05$). Isto indica efeito dos herbicidas sobre a massa seca das plantas independente do genótipo testado. Apenas no tratamento com penoxsulam não foi verificada diferença na massa de plantas secas (na média de quatro genótipos), quando comparado com a testemunha. Para a mesma condição de herbicida se observaram maiores reduções na massa seca média (quatro genótipos) nos tratamentos com nicosulfuron, imazethapyr e bispyribac-sodium (Figura 4.6).

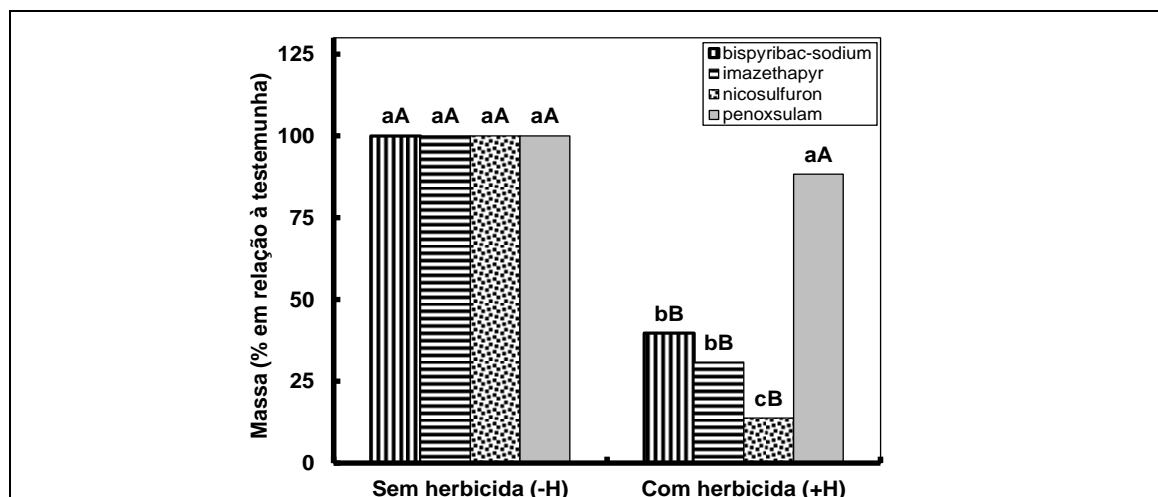


FIGURA 4.6 Medias da massa da parte aérea seca de plantas de quatro genotipos de aveia (UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18), expressa em percentual em relao  testemunha, avaliada aos 30 dias após a aplicao de quatro herbicidas inibidores da ALS (bispyribac-sodium, imazethapyr, nicosulfuron e penoxsulam). Colunas com a mesma letra minúscula numa mesma condio de herbicida não são diferentes. Colunas com mesma letra maiúscula entre as duas condio es de herbicida não se diferem ($P > 0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

4.3.2 Sensibilidade da enzima ALS

Constatou-se reduo da atividade da enzima ALS a partir de 5 μM de iodosulfuron-methyl (Figura 4.7). Para o tratamento com 50 μM do herbicida houve reduo de aproximadamente 40% na atividade da enzima ALS. Isto indica que a enzima ALS das plantas deste genotipo de aveia  sensível ao herbicida iodosulfuron-methyl.

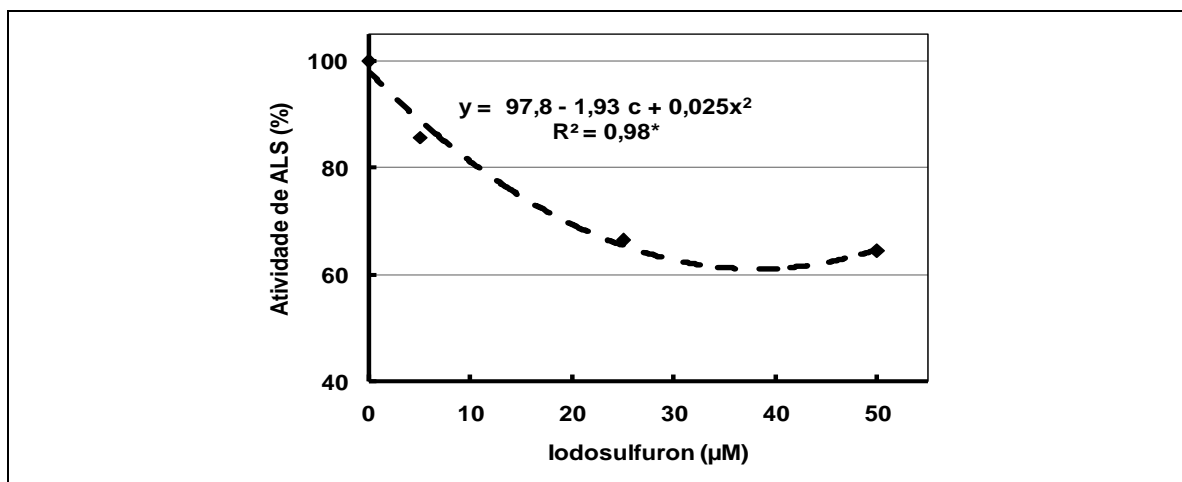


FIGURA 4.7 Atividade da enzima ALS sob diferentes concentrações de iodosulfuron. Asterisco representa $P = 0,13$. Equação na Tabela 4.1. UTFPR, Pato Branco, PR, 2013.

4.3.3 Inibidores da detoxificação

Na análise de variância da tolerância relativa avaliada aos 7 DAA não se obteve interação dos fatores genótipos, doses do herbicida e condições de inibidor. Nesta variável apenas se identificou efeito isolado de condições de inibidor ($P < 0,01$), doses do herbicida ($P < 0,01$) e genótipos ($P < 0,01$). Nesta época de avaliação, a tolerância relativa de plantas (na média de dois genótipos) foi prejudicada pela presença do inibidor (Figura 4.8). O nível de tolerância relativa das plantas (na média de genótipos e condições de inibidor) decresceu de forma logística com o incremento de doses do herbicida (Figura 4.9). Na comparação da tolerância relativa das plantas (na média de doses do herbicida e condições de inibidor) entre os genótipos, constatou-se que o genótipo URS Guria foi mais sensível do que o genótipo URS Guará (Figura 4.10).

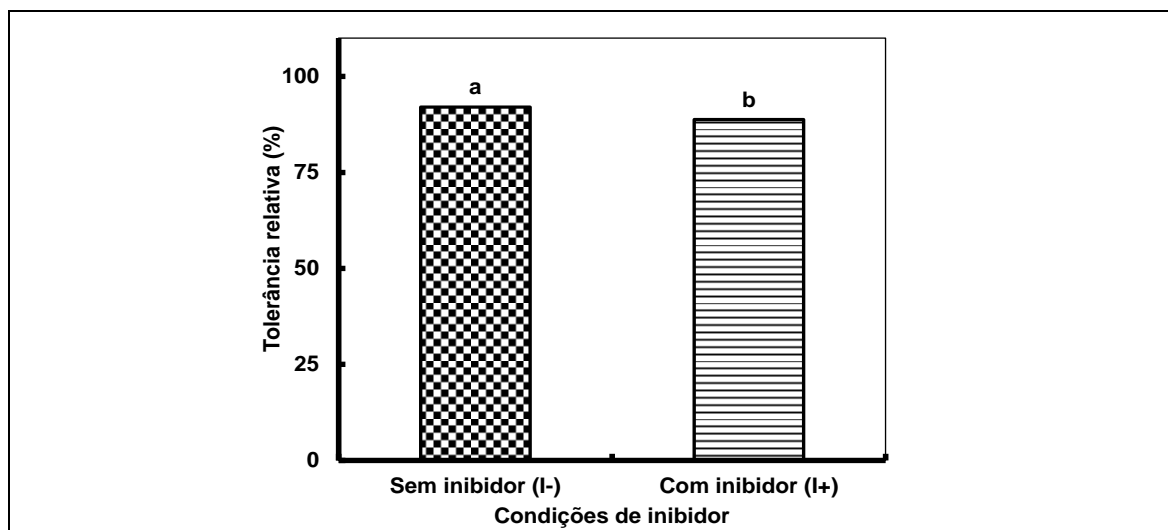


FIGURA 4.8 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) e doses do herbicida, determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação = 1,3%. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

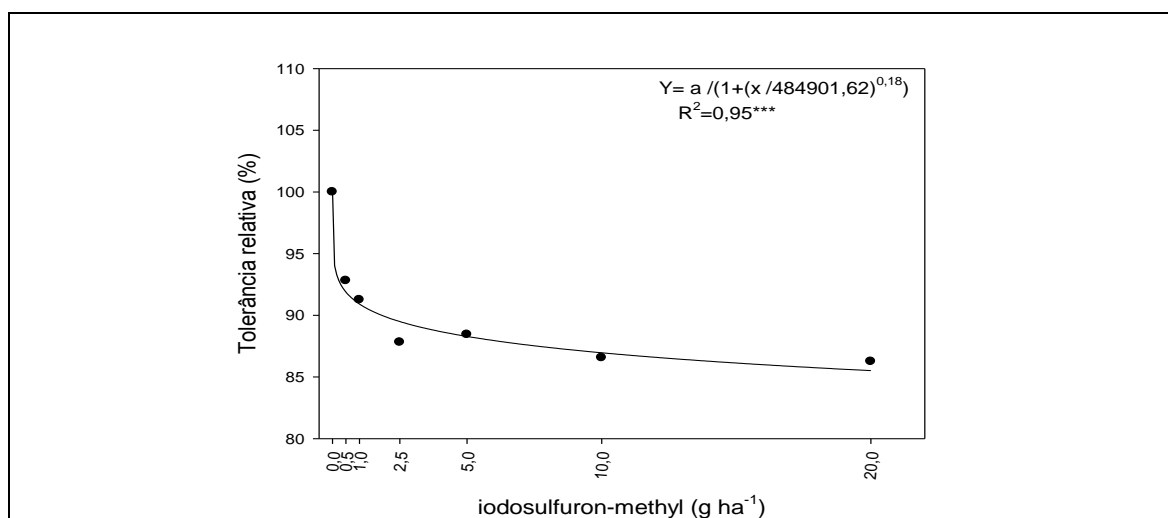


FIGURA 4.9 Tolerância relativa (%) de plantas de aveia em resposta a doses do herbicida iodosulfuron-methyl, na média de plantas de dois genótipos (URS Guará e URS Guria) e duas condições de inibidor (com e sem), determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. Asterisco representa $P = <0,01$. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

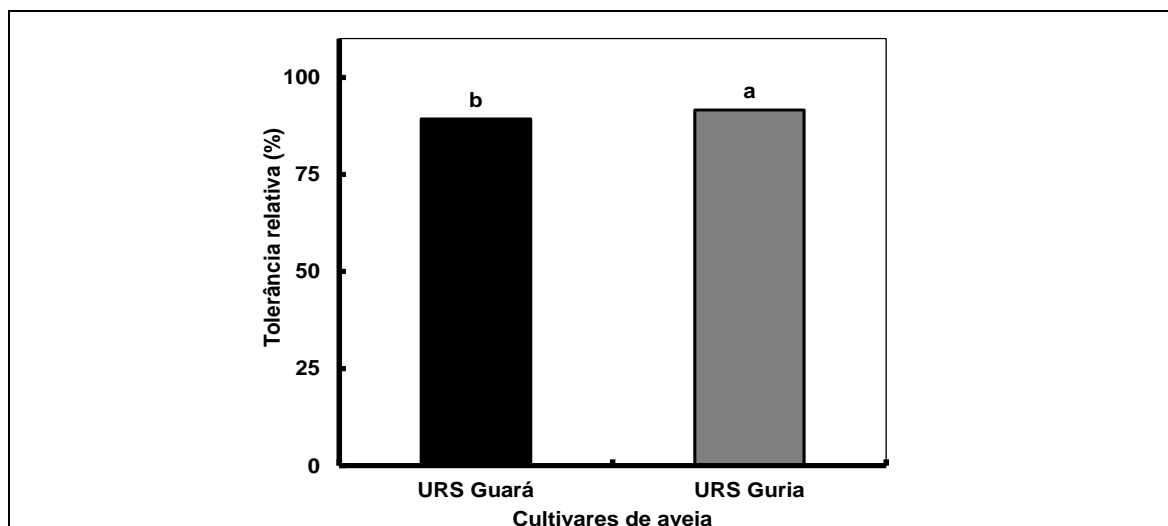


FIGURA 4.10 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), médias de doses do herbicida e condições de inibidores, determinada aos 7 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos = 1,3%. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Para a tolerância relativa avaliada aos 14 DAA também não se obteve interação significativa dos três fatores testados. Para essa variável ocorreu interação dos fatores doses do herbicida e condições de inibidor ($P < 0,01$). Também houve interação dos fatores genótipos e doses ($P < 0,01$). Para ambas as interações os dados médios foram ajustados para a equação logística.

A tolerância relativa de plantas (na mdia de dois genótipos) foi menor nos tratamentos aspergidos previamente com os inibidores da detoxificação (Figura 4.11 e Tabela 4.1). A diferença entre os tratamentos já se evidenciou a partir da dose de $2,5 \text{ g ha}^{-1}$ de iodosulfuron-methyl, evidenciando que os inibidores de detoxificação aumentam a sensibilidade das plantas ao herbicida iodosulfuron-methyl.

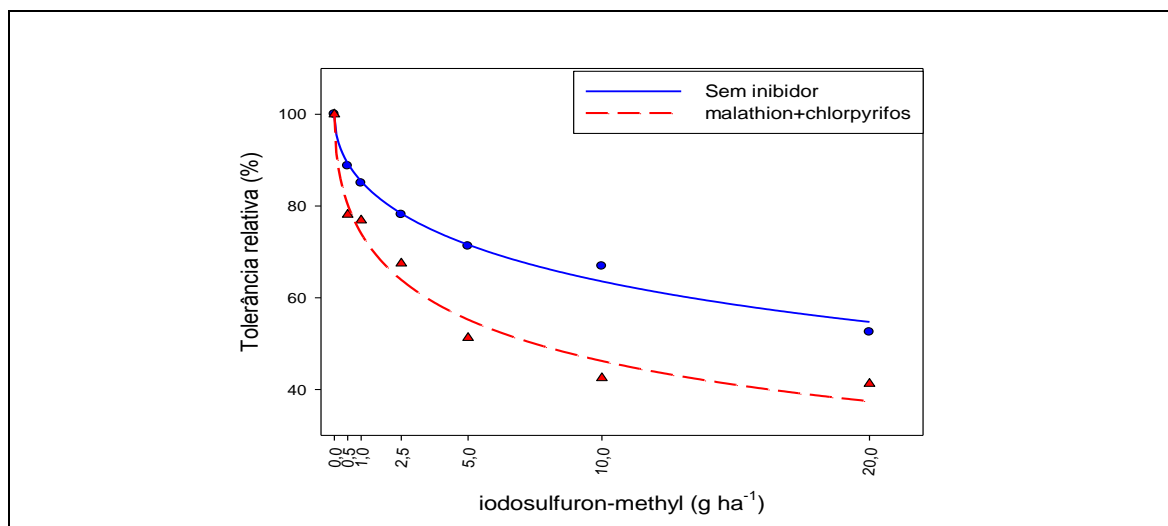


FIGURA 4.11 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 14 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação numa mesma dose = 8,2%. Equações na Tabela 4.1. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.1 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidores da sua detoxificação sobre a tolerância relativa, na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁶ R ²	⁷ P
	a	b	⁵ X ₀		
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	99,58 (1,99) ^{2***3}	0,53 (0,05) ³	29,05 (4,45) ³	0,98 ³	<0,01
Herbicida + inseticidas (inibidor) ⁴	100,06 (4,13) ³	0,52 (0,08) ³	7,45 (1,75) ^{**}	0,96 ³	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁶ Coeficiente de determinação do modelo.

⁷ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

A tolerância relativa das plantas (na média de condições de inibidor) do genótipo URS Guará e URS Guria se diferenciou apenas a partir da dose de 10 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl (Figura 4.12). Contudo, houve diferença entre a D₅₀ (X₀ na equação) estimada na equação logística para as plantas do genótipo URS Guará e URS Guria. A D₅₀ estimada para o genótipo URS Guará foi de 27,49 (±4,90) e para URS Guria de 10,11 (±1,64) (Tabela 4.2).

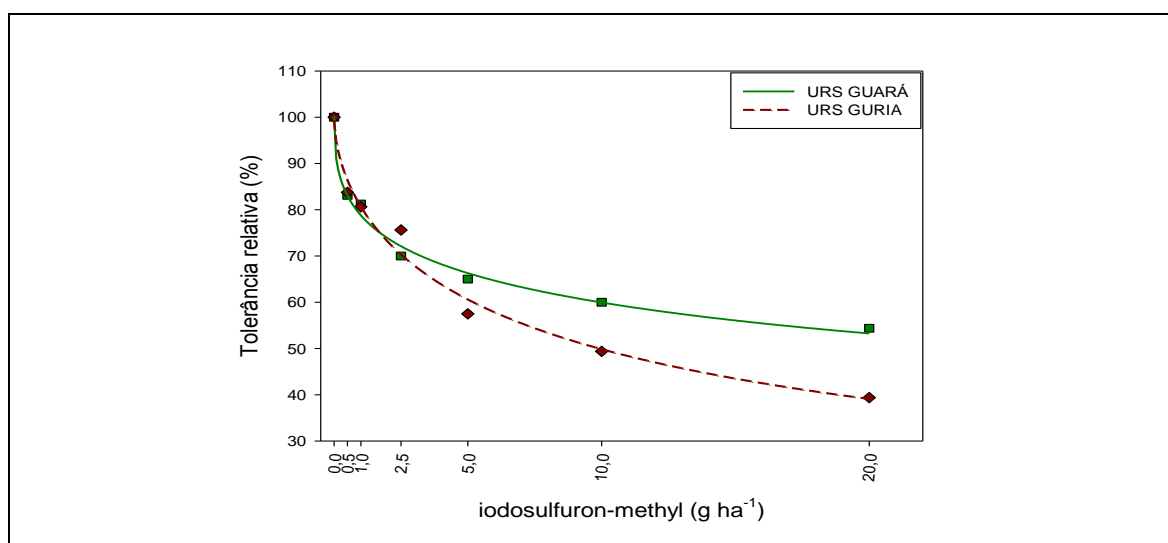


FIGURA 4.12 Tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) ao herbicida iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor da sua detoxificação (com e sem inibidores), determinada aos 14 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar médias da mesma dose entre os genótipos= 8,2%. Equações na Tabela 4.2. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.2 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Parâmetros da equação de regressão				
	a	b	⁴ X ₀	⁵ R ²	⁶ P
URS Guará	100,25 (1,83) ^{2***3}	0,39 (0,04)***	27,49 (4,90)***	0,99***	<0,01
URS Guria	99,30 (3,26)***	0,63 (0,08)***	10,11 (1,64)***	0,98***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na análise de variância da tolerância relativa avaliada aos 21 DAA houve interação significativa ($P < 0,01$) dos fatores genótipos, doses do herbicida e condições de inibidor. A equação logística foi a que melhor se adequou aos dados médios (Figura 4.13 e Tabela 4.3). Nas plantas dos genótipos de aveia URS Guará e URS Guria, os inibidores aumentaram a sensibilidade das plantas ao iodosulfuron-methyl (Figura 4.13 A e B).

Contudo, o fator de tolerância estimado para as plantas do genótipo URS Guará foi numericamente superior em relação ao obtido com o genótipo URS Guria (Tabela 4.3).

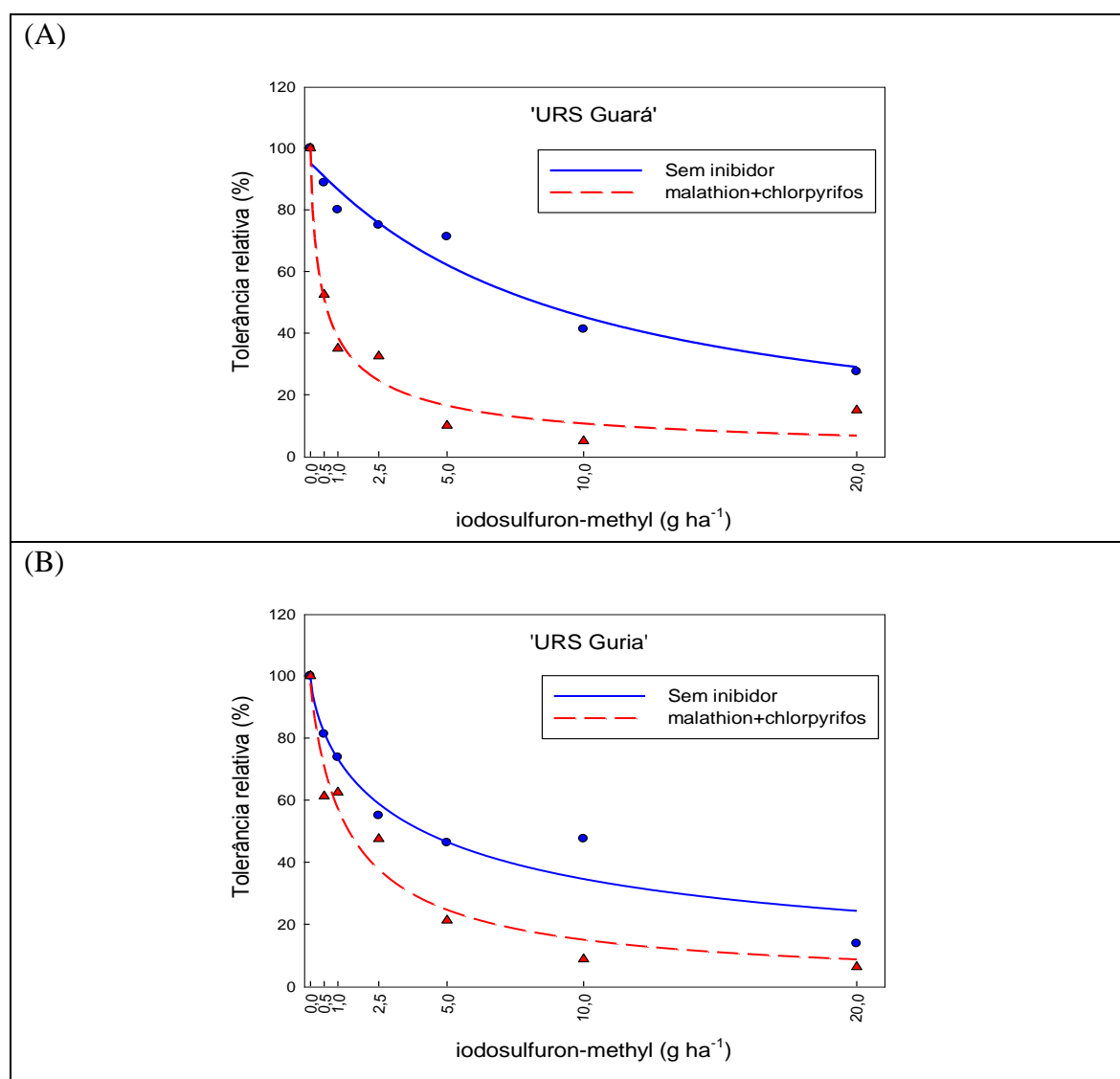


FIGURA 4.13 Níveis de tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (A) URS Guará e (B) URS Guria ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), determinados aos 21 dias após a aspersão do herbicida. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação dentro de uma mesma dose = 13,3%. Equações na Tabela 4.3. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.3 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidores sobre a tolerância relativa das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁶ FT	⁷ R ²	⁸ P
	a	b	⁵ X ₀			
.....Genótipo URS Guará.....						
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	95,05 (3,42) ^{2***3}	1,05 (0,16) ^{***}	9,15 (1,16) ^{***}	17,2	0,89 ^{***}	<0,01
Herbicida + inseticidas (inibidores) ⁴	100,06 (6,58) ^{***}	0,73 (0,16) ^{***}	0,53 (0,18) ^{**}	-	0,84 ^{***}	<0,01
.....Genótipo URS Guria.....						
Sem inibidor (Herbicida sozinho)	99,43 (5,27) ^{***}	0,72 (0,11) ^{***}	4,18 (0,95) ^{***}	2,8	0,85 ^{***}	<0,01
Herbicida + inseticidas (inibidores)	97,74 (4,88) ^{***}	0,90 (0,12) ^{***}	1,48 (0,27) ^{***}	-	0,91 ^{***}	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁶ FT = fator de tolerância = em cada genótipo, X_{0H} / X_{0H+I} .

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na análise de variância da tolerância relativa avaliada aos 28 DAA não foi identificada interação dos fatores genótipos, doses do herbicida e condições de inibidor. Houve interações dos fatores doses do herbicida e condições de inibidor ($P < 0,01$), ou entre genótipos e condições de inibidor ($P < 0,01$) e também dos fatores genótipos e doses do herbicida ($P < 0,05$). A equação logística foi a que apresentou melhor adequação aos dados médios das interações entre doses do herbicida e condições de inibidor ou entre genótipos e doses do herbicida.

A tolerância relativa de plantas (na média de dois genótipos) foi prejudicada quando se utilizou os inibidores de detoxificação, mesmo quando utilizados apenas 0,5 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl (Figura 4.14). O fator de tolerância foi 8,4 vezes maior no tratamento sem inibidores em relação à condição com aplicação prévia dos inibidores de detoxificação (Tabela 4.4).

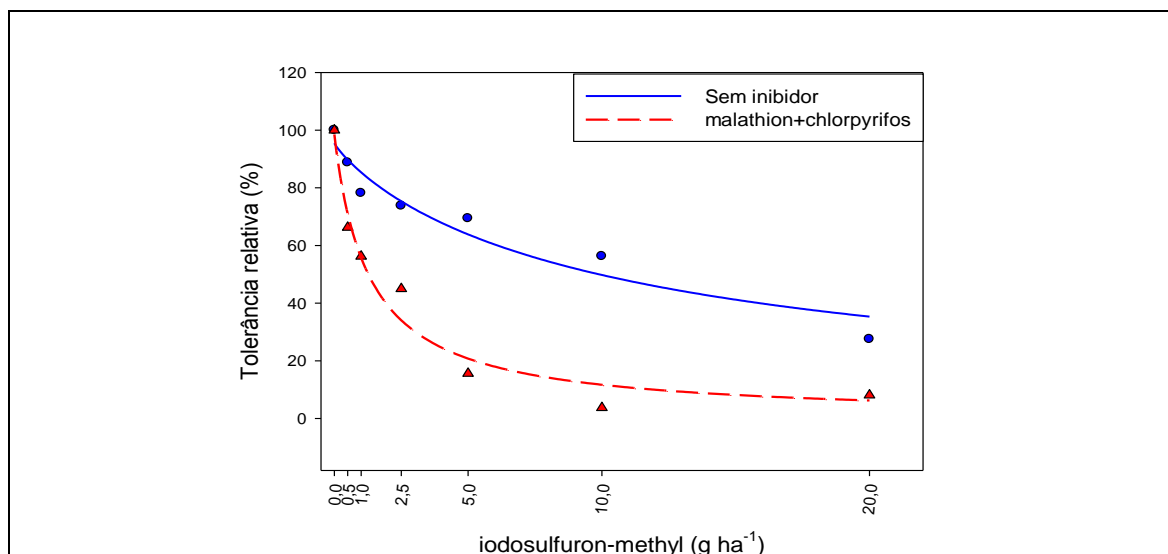


FIGURA 4.14 Tolerância relativa (%) ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação numa mesma dose = 10,4%. Equações na Tabela 4.4. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.4 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e inibidores da detoxificação sobre a tolerância relativa média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁶ FT	⁷ R ²	⁸ P
	a	b	⁵ X ₀			
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	95,47 (6,35) ^{2***3}	0,89 (0,25)**	11,01 (2,87)**	8,4	0,91***	<0,01
Herbicida + inseticidas (i) ⁴	98,53 (7,62) ^{2***3}	0,99 (0,20) ^{3***}	1,31 (0,34)**	-	0,95***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁶ FT = fator de tolerância = na média dos genótipos, X_{0H}/X_{0H+I} .

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

As plantas do genótipo URS Guará se mostraram mais responsivas ao inibidor da detoxificação, em relação às plantas de URS Guria (Figura 4.15).

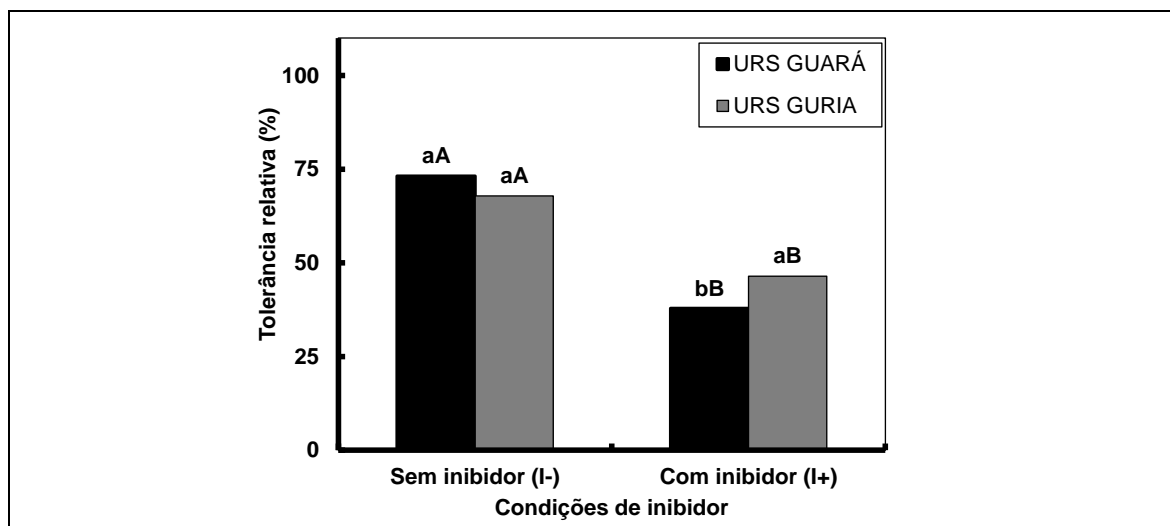


FIGURA 4.15 Tolerância relativa (%) ao iodosulfuron-methyl em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) com e sem inibidores da detoxificaco (malathion+chlorpyrifos), na mdia de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Colunas com a mesma letra minúscula numa mesma condico de inibidor não são diferentes. Colunas com mesma letra maiúscula entre as duas condices de inibidor não se diferem ($P > 0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Com o incremento da dose do herbicida houve reduco na tolerância relativa das plantas (na mdia de condices de inibidor) de ambos os genótipos avaliados. Esse efeito foi mais pronunciado até a dose de 10 g ha^{-1} do iodosulfuron-methyl (Figura 4.16). Nenhum dos parâmetros da equaco logística foi diferente entre os dois genótipos (Tabela 4.5).

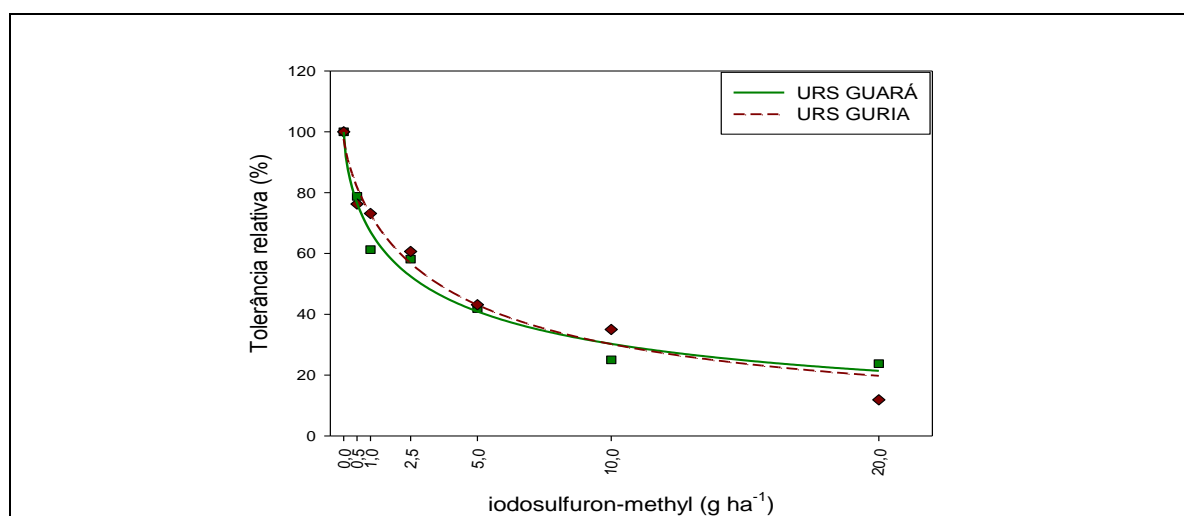


FIGURA 4.16 Tolerância relativa (%) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) ao iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor (com e sem inibidores da detoxificação), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar médias da mesma dose entre os genótipos= 10,4%. Equações na Tabela 4.5. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.5 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a tolerância relativa das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ p
	a	b	⁴ X ₀		
URS Guará	99,94 (5,09) ^{2***3}	0,67 (0,1) ^{***}	2,90 (0,66) ^{**}	0,97 ^{***}	<0,01
URS Guria	97,62 (5,65) ^{***}	0,82 (0,13) ^{***}	3,74 (0,85) ^{**}	0,96 ^{***}	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a tolerância relativa em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para a estatura de plantas (% em relação à testemunha), avaliada aos 28 DAA, não houve interação dos fatores testados. Para essa variável, houve interações das doses do herbicida com as condições de inibidor ($P < 0,01$), ou dos genótipos com as condições de inibidor ($P < 0,01$).

A equação logística foi utilizada para a regressão entre estatura e doses do herbicida iodosulfuron-methyl sob duas condições de inibidor de detoxificação (Figura

4.17 e Tabela 4.6). A estatura de plantas (na média de dois genótipos) diferiu entre as duas condições de inibidor (com e sem aplicação prévia de inibidores) até 10 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl. Não houve diferença entre os tratamentos quando utilizados 20 g ha⁻¹ do herbicida (Figura 4.17). O fator de tolerância para estatura média foi 34,5 vezes maior no tratamento sem inibidores em relação à condição com aplicação prévia (Tabela 4.6).

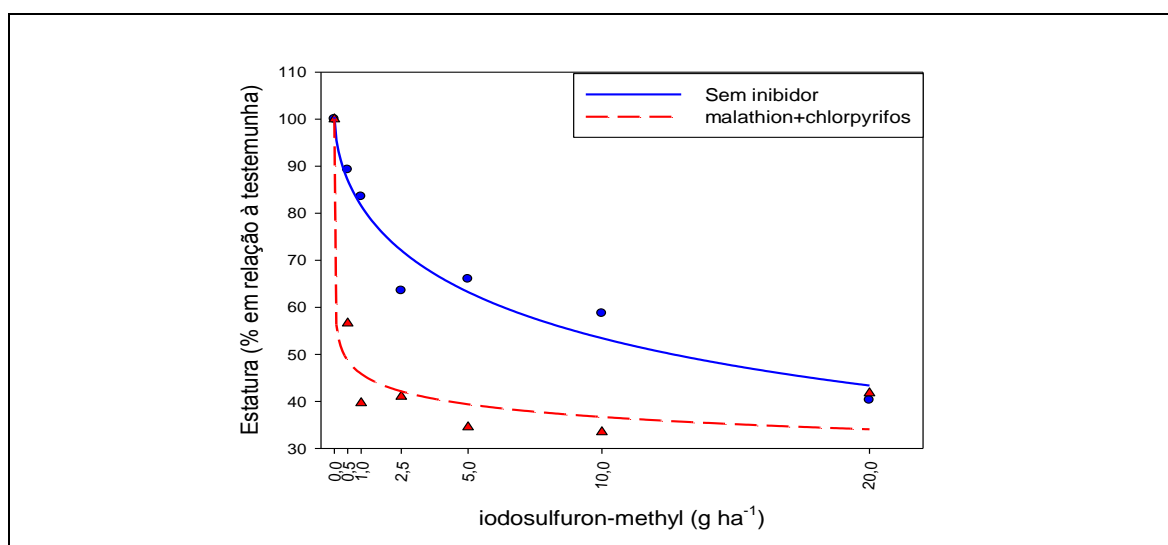


FIGURA 4.17 Estatura de plantas (% em relação à testemunha) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação numa mesma dose = 15,1%. Equações na Tabela 4.6. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.6 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidor de detoxificação sobre a estatura média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão				⁶ FT	⁷ R ²	⁸ P
	a	b	⁵ X ₀				
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	100,50 (5,49) ^{2***3}	0,58 (0,13) ^{***}	12,44 (3,73) ^{**}		34,5	0,92 ^{***}	<0,01
Herbicida + inseticidas (i) ⁴	100,09 (6,99) ^{***}	0,17 (0,09) ^{ns}	0,36 (0,59) ^{ns}		-	0,91 ^{***}	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a estatura em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁶ FT = fator de tolerância = na média de duas genótipos, X_{0H}/X_{0H+I} .

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na comparação entre os genótipos numa mesma condição de inibidor de detoxificação houve redução da estatura das plantas do genótipo URS Guria (na média das doses do herbicida) na condição de ausência, todavia isso não foi observado na presença dos inibidores (Figura 4.18). Houve redução da estatura das plantas na comparação entre as duas condições de inibidores de detoxificação, plantas do genótipo URS Guará foram mais prejudicadas do que as do genótipo URS Guria quando aspergidas os inibidores de detoxificação (Figura 4.18).

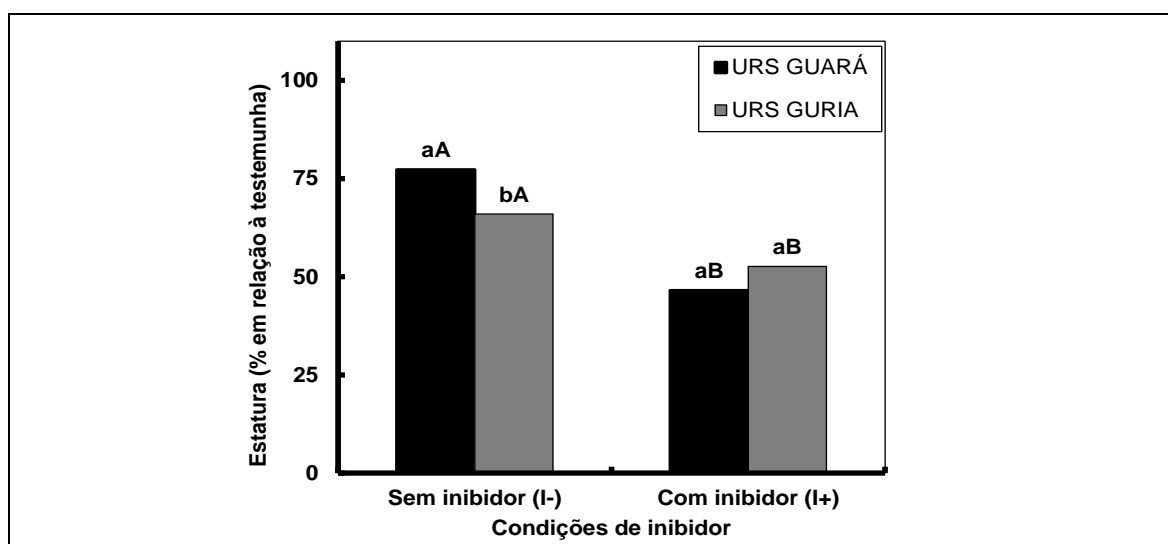


FIGURA 4.18 Estatura de plantas (% em relação à testemunha) de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condições de inibidores da detoxificação (com e sem), na média de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Colunas com mesma letra numa mesma condição de inibidor não são diferentes ($P > 0,05$), pelo teste t. Colunas com a mesma letra minúscula numa mesma condição de inibidor não são diferentes. Colunas com mesma letra maiúscula entre as duas condições de inibidor não se diferem ($P > 0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

A variável de número de folhas, avaliada aos 28 DAA, mostrou interação significativa dos fatores doses do herbicida e condições de inibidores ($P < 0,01$), além de genótipos e condições de inibidores ($P < 0,01$). A equação logística foi a que melhor se

ajustou aos dados da interação de doses do herbicida com condições de inibidores (Figura 4.19 e Tabela 4.7).

O número de folhas das plantas (na média de dois genótipos) aspergidas com os inibidores de detoxificação decresceu com o incremento da dose de iodosulfuron-methyl. Nos tratamentos com inibidores de detoxificação do herbicida o efeito das doses do herbicida foi muito pronunciado no intervalo entre 0 e 1 g ha⁻¹ de iodosulfuron-methyl. Na ausência do inibidor de detoxificação do herbicida, o efeito de doses foi praticamente constante na faixa de doses avaliada (Figura 4.19).

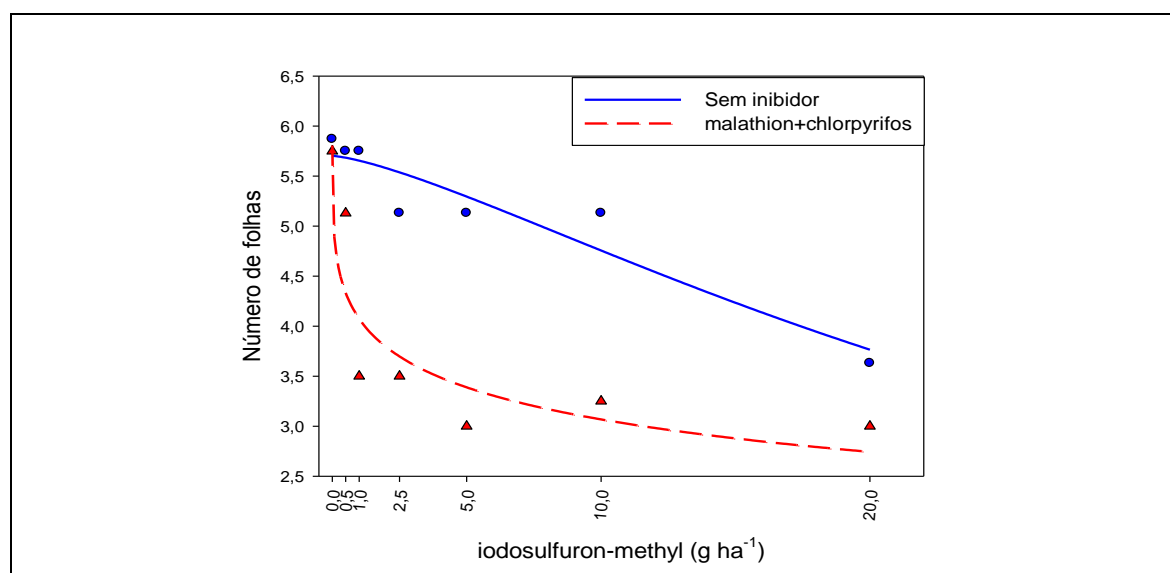


FIGURA 4.19 Número de folhas em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação numa mesma dose = 0,67. Equações na Tabela 4.7. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.7 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidor de detoxificação sobre o número de folhas, na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliado aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ P
	a	b	X ₀		
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	5,70 (0,19) ^{2***3}	1,37 (0,55)*	32,46 (9,53)**	0,83**	0,012
Herbicida + inseticidas (inibidores) ⁴	5,81 (0,56)***	0,32 (0,15)*	14,19 (13,54) ^{ns}	0,74**	0,03

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na ausência de inibidor de detoxificação houve redução do número de folhas das plantas entre os genótipos (na média das doses do herbicida), mas isso não foi observado na presença dos inibidores (Figura 4.20). Houve redução do número de folhas das plantas do mesmo genótipo (na média das doses do herbicida) entre as condições de inibidores de detoxificação, plantas de ambos os genótipos foram prejudicados quando aspergidos os inibidores de detoxificação (Figura 4.20).

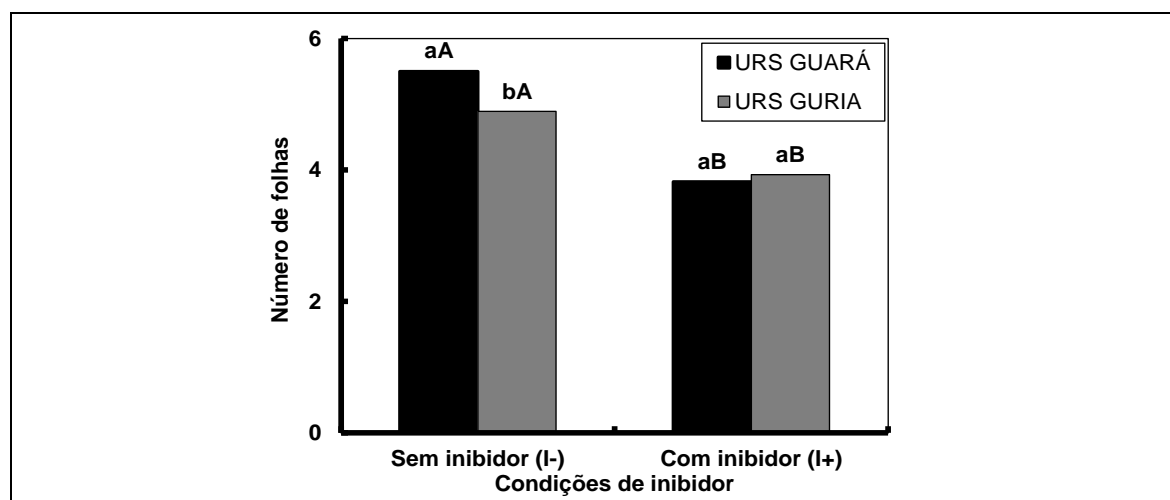


FIGURA 4.20 Número de folhas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condições de inibidores da detoxificação (com e sem), médias de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Colunas com a mesma letra minúscula numa mesma condição de inibidor não são diferentes. Colunas com mesma letra maiúscula entre as duas condições de inibidor não se diferem ($P > 0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Não houve interação significativa dos três fatores testados para a variável de distância entrenós avaliada aos 28 DAA. Constatou-se apenas efeito significativo dos fatores isolados de condições de inibidor ($P < 0,01$), doses do herbicida ($P < 0,01$) e genótipos ($P < 0,05$).

A distância entrenós de plantas (na média de genótipos e doses do herbicida) foi menor na presença dos inibidores de detoxificação em contraste à sua ausência (Figura 4.21). A distância entrenós (na média de genótipos e condições de inibidor) reduziu de forma logística com o incremento da dose de iodosulfuron-methyl, sendo que verificou-se uma diferença de 4 cm no valor da variável nas duas doses extremas avaliadas (Figura 4.22).

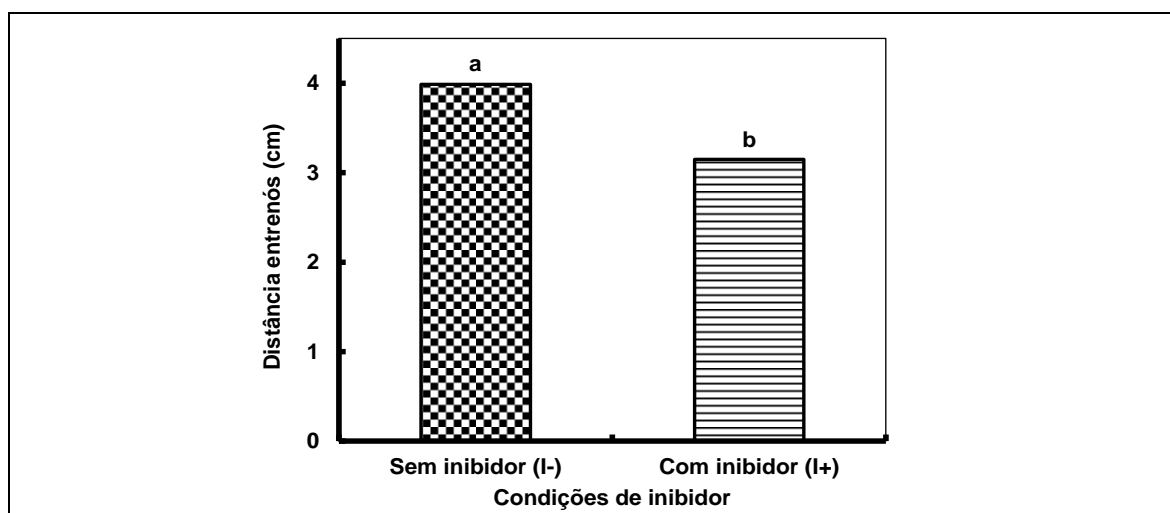


FIGURA 4.21 Distância entrenós (cm) de plantas de aveia em resposta a duas condições de inibidores da detoxificação (com e sem), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) e de doses do herbicida, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação = 0,51 cm. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

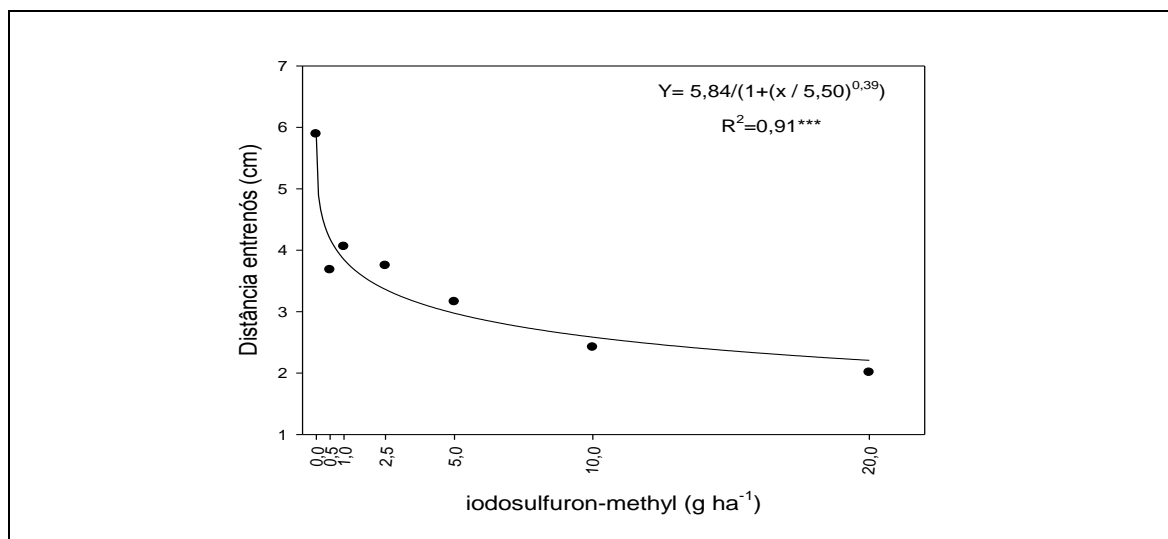


FIGURA 4.22 Distância entrenós (cm) de plantas de aveia em resposta a doses do herbicida iodosulfuron-methyl, na média de plantas de dois genótipos (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Asterisco representa $P < 0,01$. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Entre os genótipos avaliados, as plantas do URS Guará apresentaram menor distância média nos entrenós (na média de doses do herbicida e condições de inibidor) do que as plantas do genótipo URS Guria (Figura 4.23).

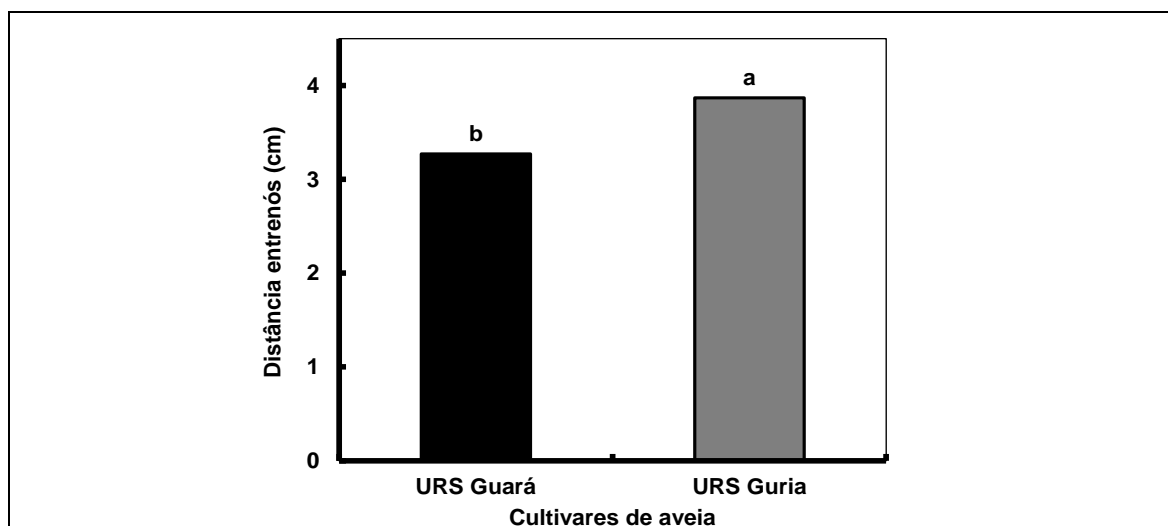


FIGURA 4.23 Distância entrenós (cm) em plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), na média de doses do herbicida e de condições de inibidores, determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar médias de genótipos = 0,51 cm. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Para a variável massa da parte aérea de plantas secas (% em relação à testemunha) avaliadas aos 28 DAA, houve interação de doses do herbicida e condições de inibidor ($P < 0,01$); ou para genótipos e condições de inibidor ($P < 0,01$), e para genótipos e doses do herbicida ($P < 0,05$). A equação ajustada para os dados médios das interações de doses do herbicida e condições de inibidor, ou para genótipos e doses do herbicida, foi à logística.

A massa da parte aérea seca (na média de dois genótipos) decresceu com o incremento da dose do herbicida testado. Houve maior sensibilidade das plantas ao herbicida quando essas foram aspergidas com os inibidores de detoxificação (Figura 4.24). Apesar da ausência de significância ao nível testado, a D_{50} (X_0 na equação) estimada para o tratamento sem inibidores foi de $9,57 (\pm 7,37) \text{ g ha}^{-1}$, superior ao valor de $0,31 (\pm 0,18) \text{ g ha}^{-1}$ obtido com a aspersão prévia do inibidor de detoxificação do herbicida (Tabela 4.8).

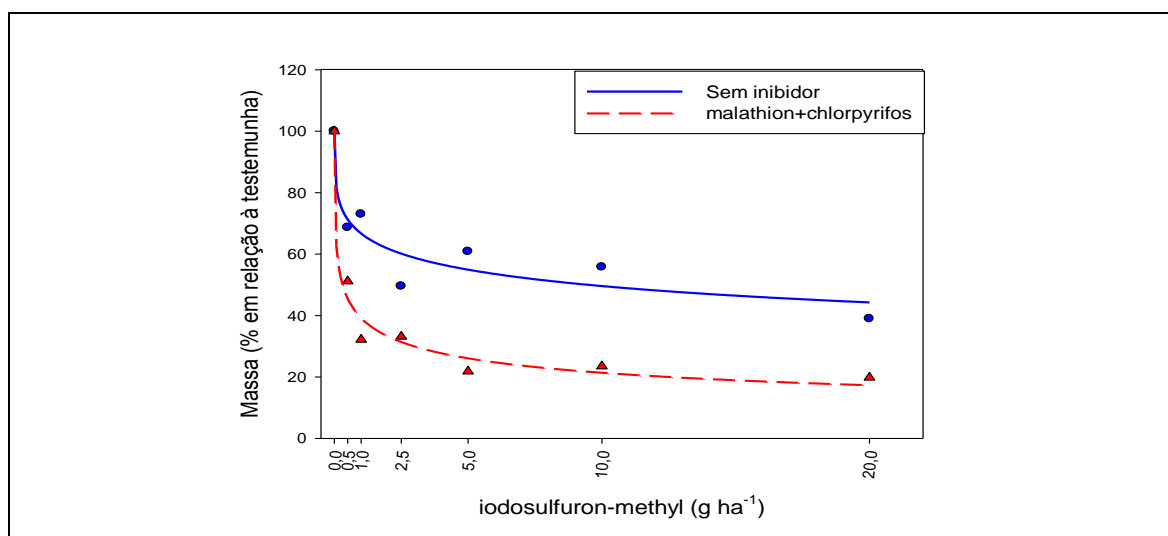


FIGURA 4.24 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, com e sem inibidores da detoxificação (malathion+chlorpyrifos), na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de inibidor de detoxificação numa mesma dose = 14,1%. Equações na Tabela 4.8. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.8 Estimativa dos parâmetros da equação¹ que descreve o efeito de doses de iodosulfuron-methyl e condições de inibidor de detoxificação sobre a massa da parte aérea seca, na média de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliado aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁶ FT	⁷ R ²	⁸ P
	a	b	⁵ X ₀			
Sem inibidor (Herbicida sozinho) ⁴	99,87 (8,05) ^{2***3}	0,31 (0,12)*	9,57 (7,37) ^{ns}	-	0,83**	0,013
Herbicida + inseticidas (i) ⁴	100,14 (5,31) ^{***}	0,38 (0,09) ^{**}	0,31 (0,18) ^{ns}	-	0,97 ^{***}	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Herbicida (H) = iodosulfuron-methyl; e inseticida (I) = malathion+chlorpyrifos.

⁵ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a massa seca em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁶ FT = fator de tolerância = na média de dois genótipos, X_{0H}/X_{0H+I} .

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Na ausência de inibidor de detoxificação houve diferença entre genótipos na variável massa da parte aérea seca (na média das doses do herbicida), mas isso não foi observado na presença dos inibidores (Figura 4.25). Houve redução da massa da parte aérea seca (na média das doses do herbicida) entre as duas condições de inibidor de detoxificação, plantas de ambos os genótipos foram prejudicados com a aplicação dos inibidores de detoxificação (Figura 4.25).

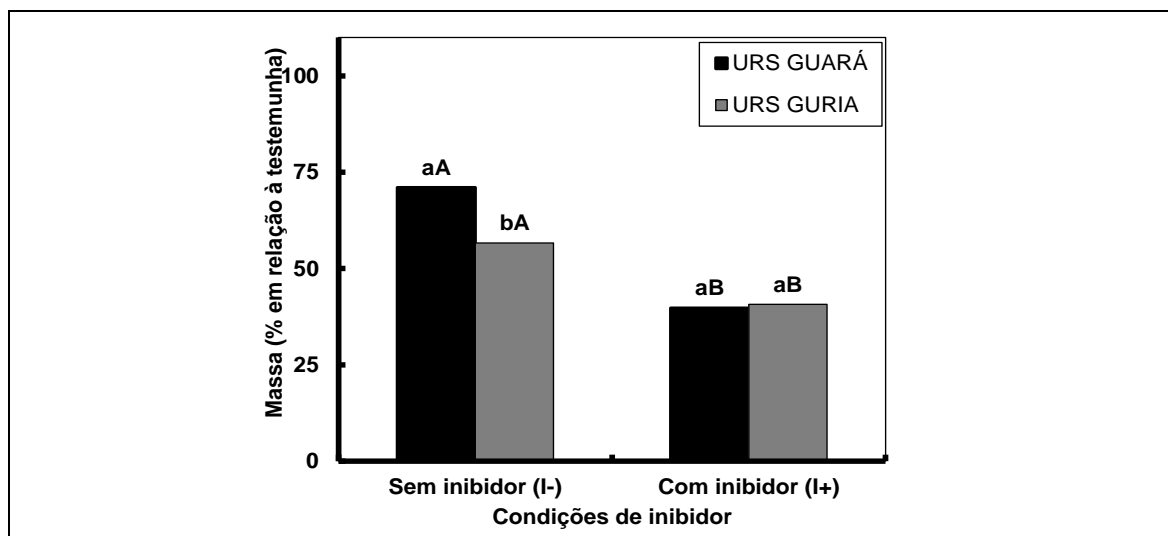


FIGURA 4.25 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta a condioes de inibidores da detoxificaao (com e sem), na media de doses do herbicida, determinada aos 28 dias apos a aspersao dos tratamentos. Colunas com a mesma letra minuscula numa mesma condiçao de inibidor nao sao diferentes. Colunas com mesma letra maiuscula entre as duas condioes de inibidor nao se diferem ($P > 0,05$), pelo teste t. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

A massa da parte aerea seca foi menos sensivel ao efeito do herbicida (na media de doses de herbicida e condioes de inibidor) para as plantas do genotipo URS Guará do que as do genotipo URS Guria somente quando utilizados 5 g ha^{-1} de iodosulfuron-methyl. Nao houve diferenças entre os genotipos nas demais doses (Figura 4.26). Numericamente, o D_{50} estimado (X_0 na equaao) para as plantas do URS Guará foi superior ao determinado para o URS Guria. Todavia, nao ha diferença entre nenhum dos parametros das duas equaoes de ajuste aos dados (Tabela 4.9).

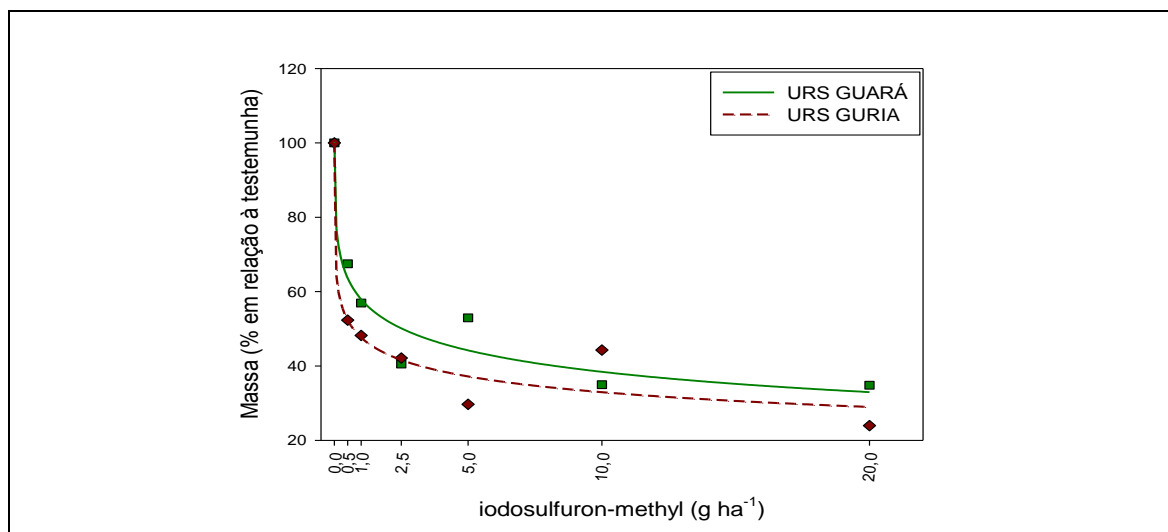


FIGURA 4.26 Massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) de plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) em resposta ao herbicida iodosulfuron-methyl, na média de duas condições de inibidor (com e sem inibidores da detoxificação), determinada aos 28 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar médias na mesma dose entre genótipos= 14,1%. Equações na Tabela 4.9. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.9 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito das doses de iodosulfuron-methyl sobre a massa da parte aérea seca das plantas de dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria), avaliada aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Genótipo	Parâmetros da equação de regressão			⁵ R ²	⁶ P
	a	b	⁴ X ₀		
URS Guará	100,21 (7,06) ^{2***3}	0,34 (0,10)**	2,51 (1,40) ^{ns}	0,91***	<0,01
URS Guria	100,00 (7,25)***	0,27 (0,10)*	0,71 (0,62) ^{ns}	0,91***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Dose de iodosulfuron-methyl que reduz a massa seca em 50%, exceto quando este supera a dose testada.

⁵ Coeficiente de determinação do modelo.

⁶ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

4.3.4 Experimento com protetor (estimulador da detoxificação)

Interação significativa dos fatores herbicidas, doses do herbicida e condições de protetor foi observada nas variáveis de tolerância relativa ($P < 0,01$) e estatura de plantas (% em relação à testemunha) ($P < 0,01$), ambas avaliadas aos 30 DAA. Para a regressão entre a tolerância relativa e doses dos herbicidas sob duas condições de protetor foi utilizada a equação logística (Figura 4.27 A e B; Tabela 4.10).

O efeito do protetor foi diferenciado sobre a tolerância relativa das plantas aos dois herbicidas avaliados. O protetor aumentou a tolerância relativa das plantas ao iodosulfuron-methyl, principalmente nas doses de 5 e 10 g ha⁻¹. Em contraste, o protetor reduziu a tolerância relativa das plantas ao herbicida bispyribac-sodium (Figura 4.27 A e B e Tabela 4.10).

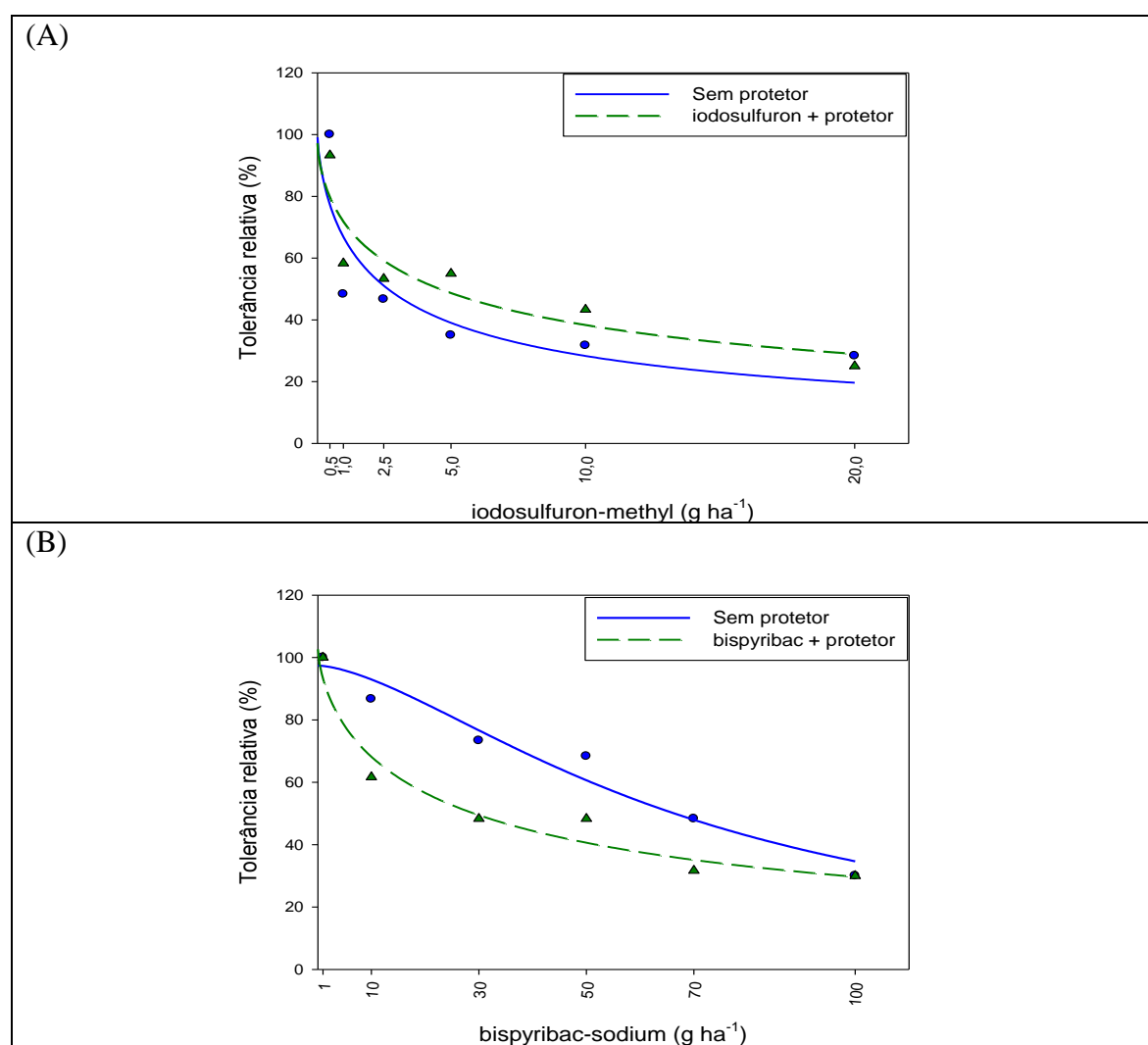


FIGURA 4.27 Tolerância relativa (%) de plantas do genótipo de aveia URS Guria aos herbicidas (A) iodosulfuron-methyl e (B) bispyribac-sodium sob duas condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação), determinada aos 30 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de protetor numa mesma dose = 11%. Equações na Tabela 4.18. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.10 Estimativa dos parâmetros de ajuste da equação¹ que descreve o efeito de condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação) e doses de dois herbicidas (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium) sobre a tolerância relativa de plantas do genótipo de aveia URS Guria, avaliada aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Parâmetros da equação de regressão			⁶ FT	⁷ R ²	⁸ P
	a	b	⁵ X ₀			
iodosulfuron-methyl.....					
	103,78					
Sem protetor (Herbicida sozinho)	(15,63) ^{2***3}	0,69 (0,28)*	2,39 (1,59) ^{ns}	-	0,74**	0,029
Herbicida + protetor ⁴	101,40 (10,84)***	0,60 (0,20)**	4,37 (2,29) ^{ns}	-	0,83**	0,013
bispyribac-sodium.....					
Sem protetor (Herbicida sozinho)	97,41 (3,96)***	1,58 (0,36)**	68,67 (7,33)***	-	0,95***	<0,01
Herbicida + protetor ⁴	103,22 (6,05)***	0,68 (0,15)***	26,50 (7,52)**	0,39	0,95***	<0,01

¹ Equação logística de 3 parâmetros $Y = a / (1 + (x/X_0)^b)$

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

³ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁴ Protetor = mefenpy-diethyl.

⁵ Dose do herbicida que reduz a tolerância relativa em 50%.

⁶ FT = fator de tolerância = X_{0H+P}/X_{0H}

⁷ Coeficiente de determinação do modelo.

⁸ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

Para os dados médios de estatura de plantas (% em relação à testemunha) foram ajustados três modelos de equações: polinomial linear, logística e hiperbólica decrescente (Figura 4.28 A e B; Tabela 4.11). A estatura das plantas tratadas com protetor mefenpy-diethyl mais iodosulfuron-methyl apresentou redução linear com o incremento da dose do herbicida. Em contraste, na ausência do protetor, o herbicida iodosulfuron-methyl teve efeito muito acentuado nas menores doses, até que as plantas atingiram uma estatura mínima a partir da dose de 5 g ha⁻¹ do herbicida (Figura 4.28 A).

O efeito de mefenpy-diethyl na estatura das plantas aspergidas com bispyribac-sodium foi inverso ao observado com iodosulfuron-methyl (Figura 4.28 B). Em outras palavras, na presença do mefenpy-diethyl, o efeito de bispyribac-sodium na estatura das plantas foi muito pronunciado com o incremento da dose. Na ausência do mefenpy-diethyl, a estatura das plantas aspergidas com bispyribac-sodium decresceu de forma linear com o incremento da dose (Figura 4.28 B).

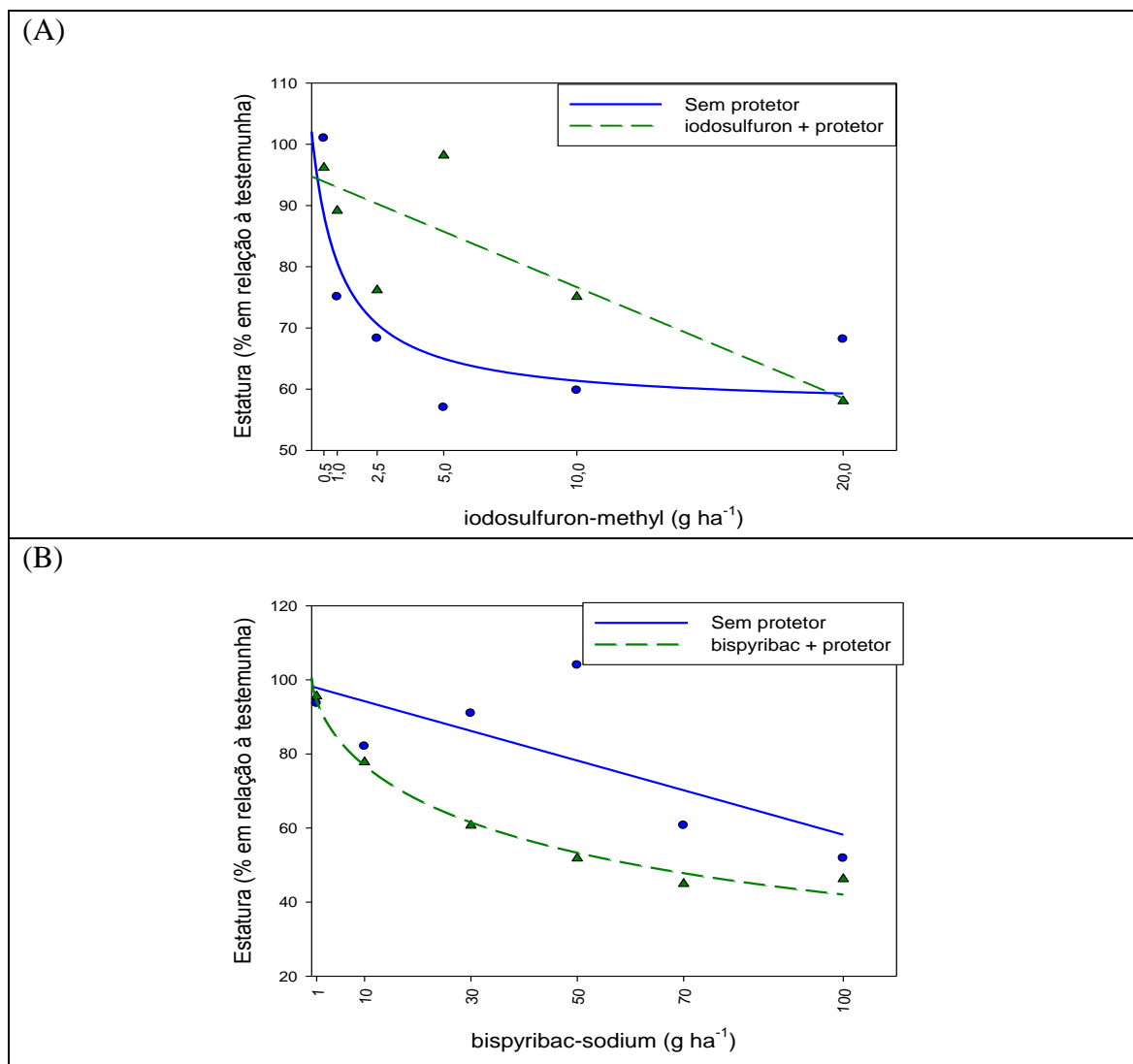


FIGURA 4.28 Estatura média de plantas (% em relação à testemunha) do genótipo de aveia URS Guria em resposta a aplicação dos herbicidas (A) iodosulfuron-methyl e (B) bispyribac-sodium sob duas condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação), determinada aos 30 dias após a aspersão dos tratamentos. Diferença mínima significativa para comparar condições de protetor numa mesma dose = 24%. Equações na Tabela 4.19. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

TABELA 4.11 Estimativa dos parâmetros das equações que descrevem o efeito de condições de protetor (com e sem estimulador da detoxificação) e doses de dois herbicidas (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium) sobre a estatura média de plantas do genótipo de aveia URS Guria, avaliada aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

Tratamentos	Equação	Parâmetros da equação de regressão						
		a	b	X ₀	y ₀	⁸ D ₅₀	⁹ R ²	¹⁰ P
.....iodosulfuron-methyl.....								
S.P ¹	Hip. ³	46,78 (11,02) ^{6**7}	1,03 (0,89) ^{ns}	-	57,00 (7,98) ^{***}	-	0,73 ^{**}	0,033
H + P ²	Linear ⁴	-1,82 (0,51) ^{**}	-	-	94,80 (4,41) ^{***}	-	0,66 ^{**}	0,016
.....bispyribac-sodium.....								
S.P	Linear	-0,40 (0,15) ^{**}	-	-	98,23 (7,73) ^{***}	-	0,59 ^{**}	0,045
H + P	Log. ⁵	100,99 (2,57) ^{***}	0,65 (0,08) ^{***}	59,33 (6,93) ^{***}	-	59,33	0,98 ^{***}	<0,01

¹ Sem protetor

² Herbicida + protetor (mefenpyr-diethyl).

³ Equação hiperbólica decrescente 3 parâmetros $Y=y_0+(a*b)/(b+x)$

⁴ Equação polinomial Linear $Y= y_0 + ax$

⁵ Equação logística de 3 parâmetros $Y= a/(1+(x/X_0)^b)$

⁶ Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da estimativa do parâmetro.

⁷ Significância pelo teste 't' ao nível de: *10%; **5% e ***1% de probabilidade do resíduo; ns indica não significativo.

⁸ Dose do herbicida que reduz a estatura em 50%.

⁹ Coeficiente de determinação do modelo.

¹⁰ Probabilidade de significância da equação pelo teste t.

4.4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese desse capítulo foi de que a tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em aveia seria devido à insensibilidade da sua enzima ALS. Caso a tolerância das plantas fosse governada por esse mecanismo, seria esperada tolerância cruzada em aveia a herbicidas inibidores da ALS de grupos químicos distintos ou ao menos do mesmo grupo. Esse fato não foi observado em nenhum dos genótipos avaliados no experimento desenvolvido no ano 2013 (Tópico 4.3.1) com herbicidas de quatro grupos químicos de inibidores da ALS. Na maioria das variáveis avaliadas, observou-se menor tolerância nos genótipos de aveia aos herbicidas dos grupos das sulfoniluréias (nicosulfuron), imidazolinonas (imazethapyr), pirimidinil-tiobenzoatos (bispyribac-sodium) e maior tolerância ao herbicida pertencente ao grupo das triazolpirimidinas

(penoxsulam). As variáveis tolerância relativa e massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha), avaliadas aos 30 DAA, caracterizaram melhor a influência dos herbicidas desses grupos sobre os genótipos (Figuras 4.3 e 4.6). Na tolerância relativa se identificou maior tolerância ao herbicida penoxsulam nas plantas dos genótipos UFRGS 14 e UFRGS 18. Esse comportamento não foi reproduzido para os demais herbicidas (Figura 3 C em contraste as Figuras 3 A, B e D). De modo semelhante, a massa de plantas secas na média dos quatro genótipos de aveia foi menos afetada pelo herbicida penoxsulam em comparação aos herbicidas nicosulfuron, imazethapyr e bispyribac-sodium (Figura 4.6).

Na literatura, em experimento realizado com espécies de inverno também foi observada tolerância de aveia e de cevada apenas ao herbicida do grupo das triazolopirimidinas (cloransulam) (Nunes *et al.*, 2007). No genótipo de aveia Albasul, evidenciou-se situação similar, mas com tolerância cruzada aos herbicidas dos grupos das triazolopirimidinas penoxsulam e pirimidinil-tiobenzoatos bispyribac-sodium (Hartwig *et al.*, 2008). Apesar de não confirmarem o mecanismo de tolerância, ambos os estudos especularam o envolvimento de enzimas de detoxificação.

Pesquisas mostram que algumas modificações de nucleotídeos no gene *als* podem promover tolerância a um ou mais grupos químicos de herbicidas inibidores da enzima ALS (Whaley *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2011). Por exemplo, a substituição aspartato-glutamato na posição 376 do gene *als* em *Amaranthus hybridus* L. conferiu tolerância cruzada aos herbicidas inibidores da enzima ALS de vários grupos químicos, como: chlorimuron (sulfoniluréia), cloransulam (triazolopirimidinas), imazethapyr (imidazolinona), pyrithiobac (pirimidinil-tiobenzoato) e propoxycarbazone (sulfonil-aminocarbonil-triazolinona) (Whaley *et al.*, 2007). Um único ponto de mutação gerou a

substituição de serina-asparagina na posição 653 no gene *als* de cevada (*Hordeum vulgare* L.), o que tornou possível tolerância apenas ao grupo das imidazolinonas (Lee *et al.*, 2011).

Outra evidência que refuta a hipótese de insensibilidade da enzima ALS como mecanismo de tolerância ao herbicida iodosulfuron-methyl em aveia são os resultados do ensaio enzimático desenvolvido com a ALS da aveia (Tópico 4.3.2). Nesse experimento se constatou até 40% de redução na atividade dessa enzima (nas doses testadas) com o aumento das concentrações do herbicida (Figura 4.7). Na avaliação do mecanismo de tolerância de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao herbicida inibidor da ALS flupyrsulfuron-methyl, observou-se condição semelhante, tanto a espécie cultivada quanto as espécies daninhas apresentaram enzima ALS sensível. No entanto, a caracterização dos metabólitos do herbicida na planta através da cromatografia confirmou a detoxificação como mecanismo de tolerância (Koeppel *et al.*, 1997).

A segunda hipótese desse capítulo foi de que a tolerância em plantas de aveia ao iodosulfuron-methyl é causada pela detoxificação do herbicida pelas plantas. Essa hipótese foi confirmada no experimento com inibidores de detoxificação (Tópico 4.3.3) e também no experimento com protetor (Tópico 4.3.4). Os inseticidas organofosforados malathion+chlorpyrifos (inibidores da detoxificação) aumentaram o efeito do herbicida iodosulfuron-methyl sobre a maioria das variáveis avaliadas nos genótipos de aveia URS Guará e URS Guria. Contudo, convém destacar os resultados obtidos com a estatura e massa da parte aérea seca de plantas avaliadas aos 28 DAT (Figura 4.17 e Tabela 4.6; Figura 4.24 e Tabela 4.8). Essas variáveis propiciaram a percepção mais precisa dos efeitos dos tratamentos. As D_{50} e o fator de tolerância dos genótipos para o herbicida iodosulfuron-methyl foram superiores nos tratamentos apenas com o herbicida em relação à condição herbicida + inibidores de detoxificação (Tabelas 4.6 e 4.8). Na variável

estatura, o fator de tolerância foi em torno 30 vezes maior na condição sem inibidor de detoxificação (Tabela 4.6).

Na literatura, trabalhos realizados com outros herbicidas inibidores de ALS e inseticidas organofosforados também foram utilizados como evidência indireta da detoxificação como mecanismo de tolerância (Kaspar *et al.*, 2011; Beckie *et al.*, 2012). Malathion aplicado em linhagens de girassol (*Helianthus annuus* L.) naturalmente tolerantes a herbicidas inibidores da ALS tornou as plantas sensíveis ao herbicida imazamox (um inibidor de ALS) (Kaspar *et al.*, 2011). Plantas de biótipos de *Avena fatua* L. resistentes ao herbicida flucarbazone-sodium (um inibidor da ALS) tornaram-se sensíveis ao produto quando tratadas previamente com malathion (Beckie *et al.*, 2012).

Na avaliação desta segunda hipótese (de detoxificação do herbicida) também foi utilizado o protetor mefenpyr-diethyl (um indutor de enzimas de detoxificação). Nesse experimento, foi observado incremento na tolerância ao iodosulfuron-methyl em plantas do genótipo de aveia URS Guria, principalmente quando utilizada a variável estatura, aos 30 DAT (Figura 4.28 A e Tabela 4.11). Convém salientar que esse efeito protetor é específico para o herbicida, visto que quando foi utilizado bispyribac-sodium, o mefenpyr-diethyl incrementou os danos do produto às plantas (Figura 4.28 B e Tabela 4.11).

Em síntese, os resultados dos experimentos desse capítulo suportam a hipótese que a tolerância ao iodosulfuron-methyl em aveia é conferida pela capacidade das plantas em detoxificar o herbicida. As informações obtidas nesse estudo também contribuem para o entendimento do comportamento das plantas de aveia em relação a outros herbicidas inibidores da ALS, indicando possíveis produtos que poderiam ser seletivos para a cultura. Outra utilidade prática do trabalho refere-se às associações de herbicidas com

determinados inseticidas que podem prejudicar a tolerância das espécies cultivadas aos produtos.

4.5 CONCLUSÕES

Os genótipos de aveia UFRGS 14, URS Guará, URS Guria e UFRGS 18 não mostraram tolerância cruzada aos herbicidas inibidores da ALS imazethapyr (imidazolinona), nicosulfuron (sulfoniluréia) e bispyribac-sodium (pirimidinil-tiobenzoatos). Apenas o herbicida penoxsulam (grupo químico das triazolopirimidinas) tem o potencial de ser seletivo a esses genótipos.

A enzima ALS extraída de aveia é sensível ao iodosulfuron-methyl. Evidências indiretas (inibidores de detoxificação e protetor) sugerem que a degradação de iodosulfuron-methyl é o mecanismo envolvido na tolerância dos genótipos insensíveis ao produto.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAERG, R. J.; BARRETT, M.; POLGE, N. D. Insecticide and insecticide metabolite interactions with cytochrome p450 mediated activities in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 55, n. 1, p. 10-20, 1996.

BECKIE, H. J.; WARWICK, S. I.; SAUDER, C. A. Basis for herbicide resistance in canadian populations of wild Oat (*Avena fatua*). **Weed science**, Lawrence, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2012.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry: Methods in the Biological Sciences**, Oxford, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

- BUKER, R. S. et al. Physiological basis for differential tolerance of tomato and pepper to rimsulfuron and halosulfuron: site of action study. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 2, p. 201-205, 2004.
- BUNTING, J. A.; SPRAGUE, C. L.; RIECHERS, D. E. Physiological basis for tolerance of corn hybrids to foramsulfuron. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 5, p. 711-717, 2004.
- CARVALHO, S. J. P. et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.
- CATANEO, A. C. et al. Mefenpyr-diethyl action on fenoxaprop-p-ethyl detoxification in wheat varieties. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 387-393, 2013.
- COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and plant physiology**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 295p.
- CORBETT, C. A. L.; TARDIF, F. J. Detection of resistance to acetolactate synthase inhibitors in weeds with emphasis on dna-based techniques: a review. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 62, n. 7, p. 584-597, 2006.
- DIEHL, K. E.; STOLLER, E. W.; BARRETT, M. *In-vivo* and *in-vitro* inhibition of nicosulfuron metabolism by terbufos metabolites in maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 51, n. 2, p. 137-149, 1995.
- FISCHER, A. J. et al. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 68, n. 3, p. 156-165, 2000.
- GERWICK, B. C.; MIRELES, L. C.; EILERS, R. J. Rapid diagnosis of als/ahas-resistant weeds. **Weed Technology**, Lawrence, v. 7, n. 2, p. 519-524, 1993.
- HARTWIG, I., et al. Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 361-368, 2008.
- HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Cross-resistance to imazethapyr in a fluazifop-p-butyl-resistant population of *Digitaria sanguinalis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 71, n. 3, p. 190-195, 2001.
- HOSSEINI, S. A. et al. Response of wild barley (*Hordeum spontaneum*) and winter wheat (*Triticum aestivum*) to sulfosulfuron: the role of degradation. **Weed Biology and Management**, Malden, v. 11, n. 2, p. 64-71, 2011.
- KASPAR, M. et al. Selection of a sunflower line with multiple herbicide tolerance that is reversed by the p450 inhibitor malathion. **Weed Science**, Lawrence, v. 59, n. 2, p. 232-237, 2011.

KOEPPE, M. K. et al. Basis of selectivity of the herbicide flupyr-sulfuron-methyl in wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 59, n. 2, p. 105-117, 1997.

KRAMER, W. et al. **Modern crop protection compounds**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2012. v. 1-3. 1550p.

KRATO, C.; HARTUNG, K.; PETERSEN, J. Response of imidazolinone-tolerant and -susceptible volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) to ALS inhibitors and alternative herbicides. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 68, n. 10, p. 1385-1392, 2012.

LEE, H. et al. Single nucleotide mutation in the barley acetohydroxy acid synthase (*ahas*) gene confers resistance to imidazolinone herbicides. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 108, n. 21, p. 8909-8913, 2011.

NUNES, A. L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.

OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J. ; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 362p.

OWEN, M. J. GOGGIN, D. E.; POWLES, S. B. Non-target-site-based resistance to ALS-inhibiting herbicides in six *Bromus rigidus* populations from western Australian cropping fields. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 68, n. 7, p. 1077-1082, 2011.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.

SCALLA, R.; ROULET, A. Cloning and characterization of a glutathione S-transferase induced by a herbicide safener in barley (*Hordeum vulgare*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 116, n. 3, p. 336-344, 2002.

TAYLOR, V. L. et al. Protective responses induced by herbicide safeners in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 88, n. 1, p. 93-99, 2013.

UCHINO, A. et al. Molecular basis of diverse responses to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in sulfonylurea resistant biotypes of *Schoenoplectus juncooides*. **Weed Biology and Management**, Oxon, v. 7, n. 2, p. 89-96, 2007.

VEGA, T. et al. Acetohydroxyacid synthase (*ahas*) in vivo assay for screening imidazolinone-resistance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 61, n. 1, p. 103-107, 2012.

WEBSTER, E. P.; MASSON, J. A. Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. **Weed Science**, Lawrence, v. 49, n. 5, p. 652-657, 2001.

WHALEY, C. M.; WILSON, H. P.; WESTWOOD, J. H. A new mutation in plant *als* confers resistance to five classes of als-inhibiting herbicides. **Weed Science**, Lawrence, v. 55, n. 2, p. 83-90, 2007.

YU, Q. et al. Molecular characterisation of resistance to als-inhibiting herbicides in *Hordeum leporinum* biotypes. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 63, n. 9, p. 918-927, 2007.

YU, Q.; POWLES, S. B. Resistance to ahas inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 70, n. 9, p. 1340-1350, 2014.

YUN, M. S.; SHIM, I. S.; USUI, K. Involvement of cytochrome p-450 enzyme activity in the selectivity and safening action of pyrazosulfuron-ethyl. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 57, n. 3, p. 283-288, 2001.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de plantas daninhas representa um dos principais problemas para se obter elevada produtividade na cultura da aveia (Rizzardi e Serafini, 2001; Back *et al.*, 2010). As plantas das espécies infestantes competem com as da cultura por recursos do meio (luz, água e nutrientes) (Cargnin *et al.*, 2006), além de causar diversos prejuízos indiretos. O controle químico das plantas daninhas na cultura de aveia é dificultado pela inexistência de opções de ingredientes ativos herbicidas registrados para o seu controle de forma seletiva à espécie cultivada (CPR, 1997; Saskatchewan, 2015). No Brasil apenas o herbicida auxínico 2,4-D e o inibidor da acetolactato sintase (ALS) metsulfuron-methyl são registrados para aplicação em pós-emergência da cultura. Ambos herbicidas controlam apenas plantas daninhas da classe das Magnoliopsidas (Brasil, 2015). O herbicida iodosulfuron-methyl é um inibidor da ALS que controla espécies daninhas pertencentes às classes das Magnoliopsidas e Liliopsidas de modo seletivo nas culturas do trigo, triticale, centeio e cevada (Zagonel, 2005; Kramer *et al.*, 2012). Contudo, dentro da cultura da aveia não há informações da tolerância dos diferentes genótipos ao herbicida.

Neste trabalho, a caracterização do grau de tolerância ao iodosulfuron-methyl em aveia (Capítulo 2) indicou alguns genótipos promissores. Dentre as variáveis dependentes avaliadas, as melhores indicadoras do grau de tolerância foram a massa da parte aérea de plantas seca (Figuras 2.4 e Tabela 2.3) no experimento 1 e a massa da parte aérea de

plantas seca e a tolerância relativa aos 35 DAA (Figura 2.13 e Tabela 2.11; Figura 2.10 e Tabela 2.8) no experimento 2.

O grau de tolerância, determinado em campo, também foi promissor para alguns genótipos utilizados no Programa de Melhoramento de aveia da UFRGS, destacando-se os genótipos URS Guará e URS Guria (experimentos de 2012); mais o genótipo UFRGS 14 (experimento de 2013). Observou-se, também, que alguns genótipos apresentavam elevada sensibilidade ao iodosulfuron-methyl, como por exemplo, UFRGS 18 e URS Taura (experimento de 2013). Contudo, em experimentos conduzidos em 2014 também foi constatado efeito do herbicida iodosulfuron-methyl sob os genótipos tolerantes e especulou-se que estresses bióticos e abióticos nesse ano tenham afetado a capacidade de recuperação desses genótipos à ação do herbicida. Também é provável que o maior número de aplicações do fungicida tebuconazole nos experimentos desenvolvidos em 2014 tenha afetado a degradação do herbicida pelas plantas.

Os resultados obtidos no capítulo 2 nem sempre foram consistentes com os observados no capítulo 3. Ou seja, na caracterização dos genótipos realizada em casa de vegetação, aqueles materiais identificados como tolerantes ao iodosulfuron-methyl nem sempre o foram em campo (principalmente nas condições dos experimentos de 2014). Isso é desalentador do ponto de vista de melhoramento, pois há interesse em se identificar precocemente os genótipos mais tolerantes e, assim, economizar tempo e recursos humanos e financeiros (Spencer e Lebeda, 2010). Como já discutido no capítulo 3, estresses abióticos, além de elevado número de aplicações do fungicida do grupo dos triazóis (tebuconazole), podem ter ocasionado a redução da tolerância aos herbicidas em plantas cultivadas. Especulamos que esse fato também pode ser utilizado como evidência

indireta de que o mecanismo envolvido na tolerância ao produto é a detoxificação do mesmo pelas plantas cultivadas (Glombitza *et al.*, 2004; Szalai *et al.*, 2009).

A falta de consistência nos resultados de tolerância em campo também é desanimador para a indústria de defensivos. O risco de injúria à cultura e a dimensão da área de plantio são fatores ponderados pela indústria para decidir quanto ao registro de herbicidas (Gast, 2008). Mas, teorizamos que recomendações simples como, evitar aplicar certos inseticidas e fungicidas (que afetam a detoxificação do produto), reduziriam a inconsistência nos resultados de seletividade do herbicida iodosulfuron-methyl para genótipos da cultura de aveia tolerantes ao produto. Portanto, seria fundamental identificar todos os inseticidas e fungicidas capazes de prejudicar a detoxificação de iodosulfuron-methyl nesses genótipos.

Outro resultado com implicação prática observado neste estudo foi o impacto da temperatura no grau de tolerância das plantas nos experimentos de 2012 (Tópicos 3.3.1 e 3.3.1.2). Em experimento realizado em condições de casa de vegetação com genótipo de aveia Taura (sensível) confirmou-se a hipótese de que a tolerância ao iodosulfuron-methyl ocorre de forma diretamente proporcional ao incremento de temperatura (Tópico 3.3.4). Entre as aplicações práticas desta parte do trabalho está à possibilidade de recomendar herbicidas para o controle eficaz das plantas daninhas e seguro para a cultura. Os resultados sugerem que nas regiões do planeta com temperaturas elevadas, como o Cerrado brasileiro (paralelo 20S) e o centro da Índia (paralelo 20N) (Saikkonen *et al.*, 2012), há elevada probabilidade de consistência na seletividade do herbicida iodosulfuron para os genótipos de aveia. Teoriza-se que com as previsões de elevação da aridez e da temperatura em muitas regiões do planeta, em médio prazo, os genótipos de aveia

tolerantes aos herbicidas em geral tem o potencial de aumentar sua contribuição na dieta humana e animal.

Quanto ao mecanismo de tolerância das plantas de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl, o trabalho apresenta evidências indiretas (Figuras 4.3 e 4.6) e diretas (Figura 4.7) de que não está envolvida a insensibilidade da enzima ALS ao produto. Essa pesquisa também demonstra por meio de diversas evidências indiretas (Figuras 4.17, 4.24, 4.28; Tabelas 4.6, 4.8, 4.11) o envolvimento da detoxificação do herbicida pelas plantas de aveia. Uma forma direta de confirmar a hipótese de que a degradação do herbicida é o mecanismo envolvido na seletividade de iodosulfuron-methyl em aveia consiste no acompanhamento, por cromatografia, das transformações da molécula em plantas de genótipos sensíveis e tolerantes (Askew e Wilcut, 2002; Yu e Powles, 2014).

As informações deste trabalho são de grande importância para o manejo de plantas daninhas na cultura da aveia. A caracterização do nível de tolerância aos herbicidas em genótipos de aveia possibilita a identificação de novos ingredientes ativos com potencial de utilização para o controle de espécies daninhas de forma seletiva à cultura, de forma a se manter o potencial produtivo da lavoura.

6 APÊNDICES

APÊNDICE 2.1 Análise de variância da variável massa da parte aérea seca (mg planta^{-1}) de vinte genótipos de aveia não tratados com o herbicida iodosulfuron-methyl (tópico 2.3.1). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

C.V. ^a	G.L. ^b	SQ ^c	QM ^d	F ^e
Tratamentos	19	513327,41	27017,23	6,64***
Resíduo	40	162707,83	4067,70	
Total	59	676035,25	-	

^a Causas de Variação.

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

^c Soma de quadrado

^d Quadrado médio

^e Estatística do teste F.

***significativo a 1% de probabilidade ($P < 0,01$); **significativo a 5% de probabilidade ($P < 0,05$) pelo teste F; ^{ns} não significativo ($P > 0,05$).

APÊNDICE 2.2 Resumo das análises de variância da estatura (% em relação à testemunha) (EPT), número de afilhos (NA) e massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT) aos 30 dias após a aplicação de iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia (tópico 2.3.1). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2012.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios		
		EPT	NA	MSPT
GENÓTIPOS (G)	19	1077,09***	12,25***	3792,33***
DOSES (D)	3	17283,7***	25,18***	18119,75***
GxD	57	443,89***	3,97***	1092,58**
Tratamentos	79	1235,67***	6,76***	2388,49***
Resíduo	160	198,97	1,94	752,31
Total	239	-	-	-

^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 ($P < 0,05$) pelo teste F; ^{ns} não significativo ($P > 0,05$).

APÊNDICE 2.3 Análise de variância da variável massa da parte aérea seca (mg planta⁻¹) de vinte genótipos de aveia não tratados com o herbicida iodosulfuron-methyl (tópico 2.3.2). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	SQ ^c	QM ^d	F ^e
Tratamentos	19	362743,31	19091,75	11,68***
Resíduo	40	65386,83	1634,67	
Total	59	428130,15	-	

^a Causas de Variação.

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

^c Soma de quadrado

^d Quadrado médio

^e Estatística do teste F.

***significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); **significativo a 5% de probabilidade (P<0,05) pelo teste F; ^{ns}não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 2.4 Resumo das análises de variância da avaliação da tolerância (TOL) de genótipos de aveia ao herbicida iodosulfuron-methyl aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação do herbicida (tópico 2.3.2). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados Médios				
		TOL 7DAA	TOL 14DAA	TOL 21DAA	TOL 28DAA	TOL 35DAA
GENÓTIPOS (G)	19	175,32***	279,41***	1.139,93***	2.054,05***	2.297,03***
DOSES (D)	3	7.919,83***	12.890,42***	29.974,86***	56.241,32***	55.687,60***
GxD	57	31,74***	41,51***	194,67***	334,23***	392,79***
Tratamentos	79	365,82***	586,66***	1.552,91***	2.870,91***	2.950,58***
Resíduo	160	15,3100	12,40	22,19	45,95	55,10
Total	239	-	-	-	-	-

^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) pelo teste F; ^{ns}não significativo (P>0,05)

APÊNDICE 2.5 Resumo das análises de variância da estatura (% em relação à testemunha) (EPT), número de perfilhos (NP) e massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT) aos 35 dias após a aplicação de iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia (tópico 2.3.2). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios		
		EPT	NP	MSPT
GENÓTIPOS (G)	19	1.021,85***	9,73***	2.398,12***
DOSES (D)	3	18.092,19***	157,75***	33.365,35***
GxD	57	232,45***	4,59***	517,48***
Tratamentos	79	1.100,52***	11,64***	2.217,17***
Resíduo	160	84,31	2,36	42,48
Total	239	-	-	-

^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) pelo teste F; ^{ns}não significativo (P>0,05)

APÊNDICE 3.1 Resumo das análises de variância da tolerância (TOL 30DAA), estatura (EST), densidade de plantas (DENS), massa da parte aérea seca (MPAS); avaliados aos 30 dias após a aplicação de iodosulfuron-methyl em dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) (tópico 3.3.1). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios			
		TOL 30 DAA	EST	DENS	MPAS
GENÓTIPOS (G)	1	91,87 ^{ns}	224,1333 ^{***}	4130,13 ^{ns}	20,44 ^{***}
HORÁRIOS (H)	2	377,71 ^{**}	17,36 ^{ns}	3950,93 ^{ns}	3,13 ^{ns}
DOSES (D)	4	1201,99 ^{***}	90,60 ^{***}	12304 ^{ns}	9,15 ^{***}
GxH	2	223,96 ^{ns}	3,31 ^{ns}	11835,73 ^{ns}	3,01 ^{ns}
GxD	4	36,67 ^{ns}	6,07 ^{ns}	11015,47 ^{ns}	3,87 ^{ns}
HxD	8	20,45 ^{**}	12,23 ^{ns}	1689,60 ^{**}	1,67 ^{ns}
GxHxD	8	80,99 ^{ns}	8,25 ^{ns}	10593,07 ^{ns}	2,06 ^{ns}
Fat ^c x Test1+Test2	1	2441,26 ^{***}	101,75 ^{***}	67213,33 ^{***}	5,82 ^{ns}
Test 1 ^d x Test 2 ^e	1	0	12,50 ^{ns}	10368 ^{ns}	3,28 ^{ns}
Tratamentos	31	306,53 ^{***}	30,01 ^{***}	9833,03 ^{ns}	3,99 ^{***}
Blocos	3	190,82 ^{ns}	55,61 ^{***}	3805,33 ^{ns}	1,47 ^{ns}
Resíduo	93	94,24	9,39	7,243,4400	1,66
Total	127	-	-	-	-

^a Causas de Variação.

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

^c Fatorial

^d Testemunha do genótipo URS Guará

^e Testemunha do genótipo URS Guria

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

APÊNDICE 3.2 Resumo das análises de variância da estatura (EST), massa da parte aérea seca (MPAS) na colheita; massa de mil sementes (MMS) e índice de colheita (IC); avaliados após a aplicação de iodosulfuron-methyl em dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) (tópico 3.3.1). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios				
		EST	MPAS _{colheita}	REND	MMS	IC
GENÓTIPOS (G)	1	93,63 ^{ns}	562111,41 ^{**}	7520386,84 ^{**}	117,93 ^{***}	153,92 ^{***}
HORÁRIOS (H)	2	0,93 ^{**}	117602,49 ^{ns}	465003,87 ^{ns}	3,00 ^{ns}	9,02 ^{ns}
DOSES (D)	4	45,85 ^{ns}	137766,53 ^{ns}	3501348,53 ^{ns}	24,38 ^{***}	29,46 ^{ns}
GxH	2	69,23 ^{ns}	287505,12 ^{ns}	3030344,32 ^{ns}	1,10 ^{ns}	9,35 ^{ns}
GxD	4	62,07 ^{ns}	167212,90 ^{ns}	1509295,53 ^{ns}	6,99 ^{ns}	26,09 ^{ns}
HxD	8	66,18 ^{ns}	114451,55 ^{ns}	624007,54 ^{ns}	11,50 ^{ns}	11,26 ^{ns}
GxHxD	8	21,98 ^{ns}	128263,42 ^{ns}	3524833,31 ^{ns}	10,72 ^{ns}	26,77 ^{ns}
Fat ^c x Test1+Test2	1	86,28 ^{ns}	742522,87 ^{**}	18802178,49 ^{***}	8,45 ^{ns}	196,11 ^{***}
Test 1 ^d x Test 2 ^e	1	55,13 ^{ns}	95026,20 ^{ns}	143411,65 ^{ns}	27,89 ^{**}	17,24 ^{ns}
Tratamentos	31	48,79 ^{ns}	173274,62 ^{ns}	2796450,85 ^{ns}	15,02 ^{***}	30,01 ^{***}
Blocos	3	71,09 ^{ns}	215380,37 ^{ns}	638921,89 ^{ns}	5,15 ^{ns}	29,16 ^{ns}
Resíduo	93	61,75	140713,93	1901732,84	6,31	13,94
Total	127	-	-	-	-	-

^a Causas de Variação.

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

^c Fatorial

^d Testemunha do genótipo URS Guará

^e Testemunha do genótipo URS Guria

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

APÊNDICE 3.3 Resumo das análises de variância da tolerância (TOL 30DAA), estatura (EST), densidade de plantas (DENS), massa da parte aérea seca (MPAS); avaliados aos 30 dias após a aplicação de iodosulfuron-methyl em dois genótipos de aveia (URS Guará e URS Guria) (tópico 3.3.1.2). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2012.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios			
		TOL 30DAA	EST	DENS	MPAS
GENÓTIPOS (G)	1	35,21 ^{ns}	187,50 ^{**}	2050,13 ^{ns}	48,87 ^{**}
HORÁRIOS (H)	2	47,03 ^{ns}	42,86 ^{ns}	245,73 ^{ns}	4,08 ^{ns}
DOSES (D)	4	40,57 ^{ns}	18,06 ^{ns}	397,13 ^{ns}	3,06 ^{ns}
GxH	2	1,61 ^{ns}	13,08 ^{ns}	14,53 ^{**}	0,35 ^{ns}
GxD	4	8,39 ^{ns}	12,23 ^{ns}	421,80 ^{ns}	2,01 ^{ns}
HxD	8	9,60 ^{ns}	17,06 ^{ns}	282,73 ^{ns}	11,47 ^{ns}
GxHxD	8	19,13 ^{ns}	11,27 ^{ns}	569,20 ^{ns}	5,08 ^{ns}
Fat ^c x Test1+Test2	1	607,50 ^{***}	15,05 ^{ns}	4551,01 ^{***}	0,07 ^{ns}
Test 1 ^d x Test 2 ^e	1	0	0,50 ^{ns}	242,00 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Tratamentos	31	37,60 ^{***}	21,38 ^{ns}	563,06 ^{ns}	6,80 ^{ns}
Blocos	3	167,06 ^{***}	75,34 ^{ns}	920,46 ^{ns}	35,69 ^{***}
Resíduo	93	18,64	28,3	586,78 ^{ns}	8,58
Total	127	-	-	-	-

^a Causas de Variação.

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

^c Fatorial

^d Testemunha do genótipo URS Guará

^e Testemunha do genótipo URS Guria

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

APÊNDICE 3.4 Resumo das análises de variância da tolerância aos 10, 20 e 30 DAA (TOL), estatura (% em relação à testemunha) (EPT), densidade de plantas (DENS), massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT); avaliados aos 30 dias após a aplicação de iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia (tópico 3.3.2). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios					
		TOL 10 DAA	TOL 20 DAA	TOL 30 DAA	EPT	DENS	MSPT
GENÓTIPOS (G)	4	132,86 ^{***}	1508,66 ^{***}	18134,15 ^{***}	4472,56 ^{***}	645915,36 ^{***}	8181,37 ^{***}
DOSES (D)	6	2066,85 ^{***}	3543,69 ^{***}	7314,22 ^{***}	9090,89 ^{***}	48461,43 ^{**}	14003 ^{***}
CxD	24	16,92 ^{ns}	48,45 ^{***}	639,05 ^{***}	229,83 ^{***}	44124,52 ^{***}	351,84 ^{***}
Tratamentos	34	392,31 ^{***}	837,05 ^{***}	3875,27 ^{***}	2292,69 ^{***}	115688,78 ^{***}	3681,99 ^{***}
Blocos	3	30,18 ^{ns}	2,38 ^{ns}	24,39 ^{ns}	133,27 ^{ns}	15328,33 ^{ns}	241,13 ^{ns}
Resíduo	102	20,74	8,63	36,4400	71,73	19187,16	107,2000
Total	139	-	-	-	-	-	-

^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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 3.5 Resumo das análises de variância da aos 30 DAA; massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT) na colheita, rendimento de grãos (REND) e peso hectolitro (PH); após a aplicação de iodosulfuron-methyl em genótipos de aveia (tópico 3.3.2). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2013.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios		
		MSPT _{colheita}	REND	PH
GENÓTIPOS (G)	4	11410,67***	41454156,75***	12585,14***
DOSES (D)	6	10077,93***	9047927,57***	1108,73***
GxD	24	865,53***	1175519,69***	394,08***
Tratamentos	34	3731,85***	7303431,32***	1954,43***
Blocos	3	2394,91***	1067835,07***	19,90 ^{ns}
Resíduo	102	239,11	153943,89	13,1800
Total	139	-	-	-

^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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 3.6 Análise de variância do rendimento de grãos após a aplicação de iodosulfuron-methyl em cinco genótipos de aveia (tópico 3.3.3). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	SQ ^c	QM ^d	F ^e
GENÓTIPOS (G)	4	60933078,80	15233269,70	247,72***
DOSES (D)	6	94170370,29	15695061,71	255,23***
GxD	24	11914150,70	496422,95	8,07***
Tratamentos	34	167017599,78	4912282,35	79,88***
Blocos	3	5300541,59	1766847,20	28,73***
Resíduo	102	6272361,27	61493,74	
Total	139	178590502,64	-	-

^a Causas de Variação.

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

^c Soma de quadrado

^d Quadrado médio

^e Estatística do teste F.

***significativo a 1% de probabilidade (P<0,01) pelo teste F.

APÊNDICE 3.7 Análise de variância do rendimento de grãos após a aplicação de iodosulfuron-methyl em cinco genótipos de aveia (tópico 3.3.3.2). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	SQ ^c	QM ^d	F ^e
GENÓTIPOS (G)	4	4966517,92	1241629,48	91,2337***
DOSES (D)	6	6775959,97	1129326,66	82,9818***
GxD	24	1767775,63	73657,32	5,4123***
Tratamentos	34	13510253,51	397360,40	29,1976***
Blocos	3	316858,75	105619,58	7,7608***
Resíduo	102	1388151,99	13609,33	
Total	139	15215264,25	-	-

^a Causas de Variação.

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

^c Soma de quadrado

^d Quadrado médio

^e Estatística do teste F.

***significativo a 1% de probabilidade (P<0,01) pelo teste F.

APÊNDICE 3.8 Resumo das análises de variância da tolerância aos 21, 28 e 35 DAA (TOL); estatura (% em relação à testemunha) (EPT) e massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT); avaliados aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos no genótipo de aveia URS Taura (tópico 3.3.4). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios				
		TOL 21 DAA	TOL 28 DAA	TOL 35 DAA	EPT	MSPT
TEMPERATURAS (T)	5	3701,77***	4676,27***	5371,20***	3013,68***	9139,85***
DOSES (D)	6	10417,81***	13577,17***	14028,43***	8587,01***	14333,96***
TXD	30	363,00***	566,27***	662,90***	411,47***	950,32***
Tratamentos	41	2241,60***	2971,52***	3193,02***	1925,23***	3907,62***
Resíduo	84	36,5	38,94	38,9	81,4	238,14
Total	125	-	-	-	-	-

^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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 4.1 Resumo das análises de variância da tolerância relativa (TOL) aos 10, 20 e 30 DAA; estatura (% em relação à testemunha) (EPT), número de perfilhos (NP) e massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT) aos 30 dias após a aplicação de quatro herbicidas inibidores da ALS (imazethapyr, nicosulfuron, penoxsulam e bispyribac-sodium) em plantas de genótipos de aveia (tópico 4.3.1). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios					
		TOL 10 DAA	TOL 20 DAA	TOL 30 DAA	EPT	NP	MSPT
GENÓTIPOS (G)	3	14,24 ^{ns}	29,43 ^{ns}	200,95**	399,28***	81,59***	54,13 ^{ns}
HERBICIDAS (H)	3	623,26***	6369,01***	8.080,12***	154,02 ^{ns}	81,93***	6133,04***
DOSES (D)	1	9009,38***	33562,76***	102377,34***	32048,99***	147,51***	77458,75***
GXH	9	38,31***	59,75***	182,44**	66,25 ^{ns}	7,50***	113,90 ^{ns}
GXD	3	14,24 ^{ns}	29,43 ^{ns}	200,95**	399,28***	3,12 ^{ns}	54,13 ^{ns}
HXD	3	623,26***	6369,01***	8.080,12***	154,02 ^{ns}	134,95***	6133,04**
GXHXD	9	38,31***	59,75***	182,44**	66,25 ^{ns}	16,45***	113,90 ^{ns}
Tratamentos	31	436,26***	2355,77***	5011,21***	1.179,40***	40,90***	3762,32***
Resíduo	64	6,51	19,27	71,09375	61,9000	2,5500	227,6800
Total	95	-	-	-	-	-	-

^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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 4.2 Resumo das análises de variância da tolerância relativa (TOL) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl, sob duas condições de inibidor de detoxificação, em plantas de genótipos de aveia (tópico 4.3.3). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios			
		TOL 7 DAA	TOL 14 DAA	TOL 21 DAA	TOL 28 DAA
GENÓTIPOS (G)	1	150,89***	432,14**	10,94 ^{ns}	72,32 ^{ns}
DOSES HERBICIDA (D)	6	376,49***	5438,99***	13381,10***	12934,75***
COND. DE INIBIDOR (C.I)	1	289,29***	4128,57***	16880,58***	22572,32***
G X D	6	9,23 ^{ns}	212,35***	210,42**	252,01**
G X C.I	1	14,29 ^{ns}	175,00 ^{ns}	2.187,72***	1358,04***
D X C.I	6	21,58 ^{ns}	253,57***	901,93***	1459,30***
G X D X C.I	6	11,16 ^{ns}	101,04 ^{ns}	297,62***	186,68 ^{ns}
Tratamentos	27	109,82***	1510,05***	3993,54***	4185,15***
Resíduo	84	12,05	67,86	89,96	110,12
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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 4.3 Resumo das análises de variância da estatura (% em relação à testemunha) (EPT), número de folhas (NF), distância entrenós (DIST), massa da parte aérea seca (% em relação à testemunha) (MSPT) aos 28 dias após a aplicação do herbicida iodosulfuron-methyl, sob duas condições de inibidor de detoxificação, em plantas de genótipos de aveia (tópico 4.3.3). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados médios			
		EPT	NF	DIST	MSPT
GENÓTIPOS (G)	1	189,70 ^{ns}	1,75 ^{ns}	10,02**	1267,78**
DOSES HERBICIDA (D)	6	6601,46***	11,58***	25,55***	8688,72***
COND. DE INIBIDOR (C.I)	1	13592,54***	48,89***	19,64***	15576,51***
G X D	6	299,99 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,65 ^{ns}	491,24**
G X C.I	1	2117,30***	3,57***	5,63 ^{ns}	1641,47***
D X C.I	6	1152,30***	2,87***	3,36 ^{ns}	849,72***
G X D X C.I	6	164,98 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,65 ^{ns}	161,83 ^{ns}
Tratamentos	27	2415,26***	5,55***	8,68***	2949,44***
Resíduo	84	231,12	0,45	1,87	202,40
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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

APÊNDICE 4.4 Resumo das análises de variância da tolerância relativa (TOLERÂNCIA) e estatura (% em relação à testemunha) (EPT), medidas aos 30 dias após a aplicação de dois herbicidas inibidores da ALS (iodosulfuron-methyl e bispyribac-sodium), sob duas condições de estimulador de degradação, em plantas do genótipo de aveia URS Guria (tópico 4.3.4). UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

C.V. ^a	G.L. ^b	Quadrados Médios	
		TOLERÂNCIA	EPT
Herbicidas (H)	1	1257,44***	411,60 ^{ns}
Doses herbicida (D)	6	9181,15***	3310,76***
Condições de protetor (C.P)	1	250,30**	193,84 ^{ns}
H X D	6	169,25***	154,39 ^{ns}
H X C.P	1	1674,11***	3082,92***
D X C.P	6	38,49 ^{ns}	88,99 ^{ns}
H X D X C.P	6	306,75***	926,85***
Tratamentos	27	2272,43***	1132,38***
Resíduo	56	48,51	215,60
Total	83	-	-

^aCausas 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) pelo teste F. ns indica não significativo (P>0,05).

7 ANEXOS

ANEXO 1 Dias da emergência à floração e rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de seis genótipos de aveia na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado do Sul - RS entre diferentes anos.

Genótipo	Dias da emergência à floração ^a					Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) ^a		
	2010 ^b	2011 ^b	2012 ^c	2013 ^d	2014 ^f	2012 ^c	2013 ^d	2014 ^f
UFRGS 18	92,7	96	-	-	-	-	-	-
UFRGS 14	88,3	93,7	-	90 ^e	94 ^e	-	-	-
URS Guará	81	85	68	86	-	2540	4979	3843
URS Guria	85	90,3	70	87	-	2412	4105	3977
URS Taura	83	87	70	88	-	2910	4096	3655
URS Corona	85	89,7	71	-	85	2747	-	4170

^a Com fungicida

^b Fonte: Dissertação do estudante Daniel Arthur Gaklik Waldow, 2012.

^c Fonte: Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia, 2012.

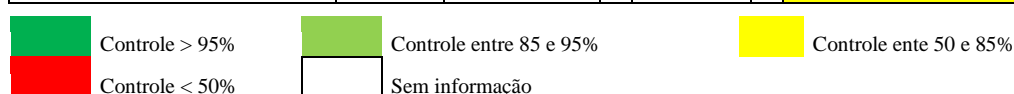
^d Fonte: Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia, 2013.

^e Fonte: Comunicação pessoal.

^f Fonte: Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia, 2014.

ANEXO 2 Controle de plantas daninhas em pós emergência inicial com os herbicidas registrados para uso na cultura da aveia no Brasil¹ e no mundo² em comparação ao iodosulfuron-methyl.

Plantas daninhas	Herbicidas			
	2,4-D ^{1,2}	metsulfuron ¹	linuron ²	iodosulfuron
<i>Acanthospermum australe</i>	■	■	■	■
<i>Acanthospermum hispidum</i>	■	■	■	■
<i>Aeschynomene denticulata</i>	■	■	■	■
<i>Ageratum conyzoides</i>	■	■	■	■
<i>Alternanthera tenella</i>	■	■	■	■
<i>Amaranthus deflexus</i>	■	■	■	■
<i>Amaranthus retroflexus</i>	■	■	■	■
<i>Amaranthus viridis</i>	■	■	■	■
<i>Bidens pilosa</i>	■	■	■	■
<i>Bidens subalternans</i>	■	■	■	■
<i>Cenchrus echinatus</i>	■	■	■	■
<i>Chenopodium album</i>	■	■	■	■
<i>Commelina benghalensis</i>	■	■	■	■
<i>Conyza bonariensis</i>	■	■	■	■
<i>Conyza canadensis</i>	■	■	■	■
<i>Cynodon dactylon</i>	■	■	■	■
<i>Cyperus esculentus</i>	■	■	■	■
<i>Cyperus iria</i>	■	■	■	■
<i>Cyperus rotundus</i>	■	■	■	■
<i>Desmodium tortuosum</i>	■	■	■	■
<i>Digitaria insularis</i>	■	■	■	■
<i>Echinochloa colona</i>	■	■	■	■
<i>Echinochloa crus-galli</i>	■	■	■	■
<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	■	■	■	■
<i>Eleusine indica</i>	■	■	■	■
<i>Euphorbia heterophylla</i>	■	■	■	■
<i>Fimbristylis miliacea</i>	■	■	■	■
<i>Galinsoga parviflora</i>	■	■	■	■
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	■	■	■	■
<i>Gamochoaeta coarctata</i>	■	■	■	■
<i>Ipomoea hederifolia</i>	■	■	■	■
<i>Ipomoea purpurea</i>	■	■	■	■
<i>Ipomoea quamoclit</i>	■	■	■	■
<i>Ipomoea triloba</i>	■	■	■	■
<i>Leonotis nepetifolia</i>	■	■	■	■
<i>Leonurus sibiricus</i>	■	■	■	■
<i>Lolium multiflorum</i>	■	■	■	■
<i>Ludwigia octovalvis</i>	■	■	■	■
<i>Merremia cissoides</i>	■	■	■	■
<i>Momordica charantia</i>	■	■	■	■
<i>Polygonum convolvus</i>	■	■	■	■
<i>Portulaca oleraceae</i>	■	■	■	■
<i>Raphanus raphanistrum</i>	■	■	■	■
<i>Raphanus sativus</i>	■	■	■	■
<i>Ricinus communis</i>	■	■	■	■
<i>Sagittaria montevidensis</i>	■	■	■	■
<i>Senna occidentalis</i>	■	■	■	■
<i>Sida cordifolia</i>	■	■	■	■
<i>Sida rhombifolia</i>	■	■	■	■
<i>Spergula arvensis</i>	■	■	■	■
<i>Stellaria media</i>	■	■	■	■
<i>Urochloa plantaginea</i>	■	■	■	■



Fonte: Lorenzi, 2014.

8 VITA

Andrew Rerison Silva de Queiroz, filho de Sebastião Pinho Queiroz e Lena Lúcia Matos da Silva, nasceu em 15 de março de 1989, em Boa Vista, Roraima, Brasil.

Concluiu o Ensino Médio no Colégio José Bernadino Lindoso em Manaus, AM. Em 2007 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Amazonas. Entre os anos de 2008 a 2010 desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia sob orientação dos Dr. Beatriz Ronchi Telles e Newton Paulo de Souza Falcão. No período de 2010 a 2011 desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica no Departamento de solos da Universidade Federal do Amazonas sob orientação do professor Dr. José Zilton Lopes Santos. Em 2011 estagiou no Laboratório de Plantas daninhas da Universidade Federal do Amazonas sob orientação do professor Dr. José Ferreira da Silva.

Graduou-se Engenheiro Agrônomo em abril de 2012 e iniciou estágio na área de plantas daninhas na UFRGS em julho de 2012. Em março de 2013 ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do Professor Ribas Antonio Vidal.