

GESIELI PRISCILA BUBA

SELETIVIDADE DE TEMBOTRIONE PARA TRIGO E AVEIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Leonardo Bianco de Carvalho
Co-orientador: Dr. Clóvis Arruda de Souza

**LAGES, SC
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Buba, Gesieli Priscila
Seletividade de tembotrione para trigo e aveia /
Gesieli Priscila Buba. - Lages , 2018.
117 p.

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho
Co-orientador: Clóvis Arruda de Souza
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2018.

1. Seletividade. 2. Tembotrione. 3. *Triticum aestivum*. 4. *Avena sativa*. I. Bianco de Carvalho, Leonardo. II. Arruda de Souza, Clóvis. , .III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

GESIELI PRISCILA BUBA

SELETIVIDADE DE TEMBOTRIONE PARA TRIGO E AVEIA

Dissertação apresentado ao curso de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientador:

Profº. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho.

UDESC/Lages.

Membro:

Mariluce Nepomuceno

Profª. Drª. Mariluce Pascoina Nepumoceno

UNESP/Jaboticabal

Membro:

Marcelo da Costa Ferreira

UNESP/Jaboticabal

Lages, SC, 28/02/2018

Aos meus pais Gilberto e Leoni, coautores de minha história, alicerce de minha vida, pelo amor incondicional.

Ao meu grande amor e amigo Júnior.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por sempre me acompanhar em todos os momentos, me guiando para o melhor, mesmo que para isso tivesse que passar por caminhos difíceis.

Aos meus pais Gilberto Buba e Leoni P. Buba, que são minha fonte de inspiração de persistência, honestidade e amor! Obrigada por lutarem diariamente para que meus sonhos sejam realizados, por acreditarem em mim e não me deixarem desistir diante das dificuldades. Não cabem em palavras o amor e gratidão que sinto por vocês!

Ao meu esposo, Waldemiro Roskamp Júnior, que esteve ao meu lado ao longo dessa jornada, dividindo os momentos de alegria e sendo minha fortaleza nos momentos de dificuldade. Você é um grande presente de Deus, obrigada por fazer parte de minha vida!

Ao meu irmão Toni Gil e minha cunhada Márcia, pela amizade e pelos lindos presentes que deram a nossa família, meus sobrinhos Vanessa, Kaio Gabriel e Larissa que são a alegria dos meus dias e esperança de um futuro melhor!

Aos meus amigos e colegas do Grupo de Estudo Científicos em Matologia, Flávia Regina da Costa, Thiago Andrade e Franciele Fernandes. Pela ajuda prestada, pelos momentos de descontração e amizade que levarei sempre no coração!

As minhas grandes e essenciais amigas Jussara C. Stinghen e Kathleen S. Rosniecek que me acompanham e aparam nessa jornada da vida a bastante tempo. E as amigas mais recentes Larissa e Cristiane que tornaram meus dias em Lages mais felizes.

Ao Prof. Leonardo Bianco de Carvalho pela oportunidade da realização do mestrado, pela atenção e ensinamentos repassados durante a orientação.

Ao Prof. Clóvis Arruda de Souza por ter aceitado me auxiliar ao longo desse trabalho. Obrigada por toda atenção e dedicação durante a realização deste trabalho. Sua ajuda foi fundamental!

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal e Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade da realização deste curso de qualidade.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos repassados.

A Capes pelo auxílio financeiro.

A todos aqueles que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, mas que por ventura não foram citados aqui, peço desculpas pela omissão, e agradeço pelo apoio.

Obrigada!

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO

BUBA, G. P. **Seletividade de tembotriione ao trigo e aveia.** 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Proteção de Plantas e Agroecologia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

Vários fatores podem influenciar negativamente o desempenho agronômico do trigo e da aveia, entre eles está a interferência das plantas daninhas (PD). O controle químico é método mais utilizado pelos produtores, porém, o número de herbicidas seletivos registrados para aplicação em pós-emergência inicial nestas culturas é restrito. Este fato contribui para utilização repetitiva do mesmo mecanismo de ação ao longo das safras, o que vem acarretando a seleção de biótipos de PD resistentes. Devido a pequena perspectiva de lançamento de novas moléculas de herbicidas, ressalta-se a importância de testar potenciais herbicidas, mesmo que não sejam registrados para o trigo e aveia, para avaliar a fitotoxicidade a cultura, como é o caso dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides. A fim de avaliar a seletividade de tembotriione aplicado em pós-emergência no trigo e na aveia foram conduzidos três experimentos. O primeiro e o segundo experimento foram conduzidos em casa vegetação concomitantemente, com três cultivares de trigo (TBIO Pioneiro, TBIO Toruk e Marfim) e de aveia (IPR Artemis, URS Brava e URS Corona). Foram aspergidas onze doses crescentes de tembotriione (0; 9,45; 18,9; 37,8; 75,6; 151,2; 302,4; 604,8; 1.209,6; 2.419,2 e 4.838,2 g i.a. ha^{-1}) quando as plantas apresentaram 3,5 folhas expandidas, conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x11. Avaliou-se aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) a altura, número de folhas, intoxicação das plantas e ao término do experimento (28 DAA) a área foliar e massa seca acumulada. O trigo apresentou reduções nas variáveis de crescimento e aumento nas notas de intoxicação quando submetido a doses crescentes de tembotriione, sendo este herbicida não seletivo as cultivares de trigo estudadas. Já para a aveia ocorreu estímulos ao crescimento (hormese) das plantas em decorrência da aplicação de subdoses de tembotriione, enquanto nas sobredoses de tembotriione ocorreu aumento dos níveis de intoxicação e redução nas variáveis de crescimento. A hormese e seletividade de tembotriione em aveia foi dependente da cultivar e da dose do herbicida. Baseado nos resultados obtidos em casa de vegetação conduziu-se o terceiro experimento que foi realizado a campo em delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3x5, disposto em parcelas subdivididas, onde na parcela principal foram alocados três cultivares de aveia (IPR Artemis, URS Brava e URS Corona) e na subparcela cinco doses de tembotriione (0; 75,6; 151,2; 302,4 e 604,8 g i.a. ha^{-1}). A aplicação foi realizada quando as plantas apresentaram 3- 4 folhas expandidas. E avaliou-se a intoxicação das plantas em 7, 14, 21, 28 e 35 DAA, o índice de colheita e altura de plantas (na maturidade fisiológica), massa de mil grãos, produtividade, peso hectolitro, índice de descasque e espessura de grãos após a colheita. Os níveis de intoxicação aumentaram frente às doses crescentes de tembotriione. A cultivar URS Corona e IPR Artemis não apresentaram reduções nas variáveis mensuradas nas doses aplicadas, o mesmo ocorreu para a URS Brava em dose equivalente e inferiores a 151,2 g i.a. ha^{-1} respectivamente. Logo a seletividade de tembotriione depende da cultivar e dose aplicada. A dose de tembotriione recomendada para controle de plantas daninhas no milho fica entre 75,6 e 100,8 g i.a. ha^{-1} . Portanto o tembotriione apresentou seletividade a aveia em doses satisfatórias, demonstrando potencial de utilização.

Palavras chaves: Seletividade. Tembotriione. *Triticum aestivum*. *Avena Sativa*.

ABSTRACT

BUBA, G. P. **Selectivity of tembotrione to wheat and oats.** 2018. 117 f. Dissertation (Master in Plant Production - Area: Plant Protection and Agroecology) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2018.

Several factors may influence negatively the agronomic performance of wheat and oats, among them are weed interference (W). Chemical control is the most used method by producers, however, the number of selective herbicides registered for initial post-emergence application in these crops is restricted. This fact contributes to the repetitive use of the same mechanism of action throughout the harvests, which has led to the selection of resistant W biotypes. Due to the small perspective of launching new herbicide molecules, it is important to test potential herbicides, even if they are not registered for wheat and oats, to evaluate phytotoxicity to the crop, as is the case of herbicides inhibiting biosynthesis of carotenoids. In order to evaluate the selectivity of post-emergence tembotrione in wheat and oats, three experiments were conducted. The first and second experiments were conducted at greenhouse with three wheat cultivars (TBIO Pioneiro, TBIO Toruk and Marfin) and oats (IPR Artemis, URS Brava and URS Corona). Eleven ascending doses of tembotrione (0, 9.45, 18.9, 37.8, 75.6, 151.2, 302.4, 604.8, 1209.6, 2,419.2 and 4,838.2 g i.a. ha^{-1}) when the plants presented 3.5 expanded leaves, conducted in a completely randomized design (CRD) in a 3x11 factorial scheme. They were evaluated at 0, 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA) leaf height, number of leaves, plant intoxication and at the end of the experiment (28 DAA), leaf area and accumulated dry mass. The wheat showed reductions in growth variables and increase in intoxication grades when submitted to increasing doses of tembotrione, being this non-selective herbicide to cultivars of wheat studied. On the other hand, for oats, there were stimuli to growth plant (hormese) due to the application of tembotrione subdoses, while in tembotrione overdoses there was an increase in intoxication levels and a reduction in growth variables. The hormese and selectivity of tembotrione in oats was dependent on the cultivar and dose of the herbicide. Based on the results obtained in the greenhouse, the third experiment was carried out in a randomized complete block design (CBD), in a 3x5 factorial scheme, arranged in subdivided plots, where three main cultivar of oats were allocated to the main plot (IPR Artemis, URS Brava and URS Corona) and in the subplot five doses of tembotrione (0, 75.6, 151.2, 302.4 and 604.8 g i.a. ha^{-1}). The application was performed when the plants presented 3-4 expanded leaves. The plants' intoxication was evaluated in 7, 14, 21, 28 and 35 DAA, and the harvest index (at physiological maturity), plant height (at physiological maturity), thousand grain mass, productivity, hectoliter weight, peeling index and grain thickness after harvest. Intoxication levels increased in response to increasing doses of tembotrione. The cultivars URS Corona and IPR Artemis didn't show reductions in the variables measured at applied doses, the same occurred for URS Brava in equivalent dose and inferior to 151.2 g i.a. ha^{-1} respectively. Therefore, the selectivity of tembotrione depends on the cultivar and applied dose. The dose of tembotrione recommended for weed control in corn is between 75.6 and 100.8 g a.i. ha^{-1} . Tembotrione presented selectivity to oats in satisfactory doses, demonstrating potential for use.

Key words: Selectivity. Tembotrione. *Triticum aestivum*, *Avena Sativa*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, 2017	54
Figura 2 - Intoxicação nas cultivares de trigo (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotrione	60
Figura 3 - Recuperação de sinais de intoxicação de tembotrione em trigo, Lages-SC.....	62
Figura 4 - Altura de plantas de trigo (cm) aos 7(a), 14(b), 21(c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotrione	63
Figura 5 - Número de folhas de trigo aos 14(a), 21(b) e 28(c) em função das doses de tembotrione.....	67
Figura 6 - Área foliar (a) e massa seca (b) de trigo aos e 28 DAA em função das doses de tembotrione	69
Figura 7 - Intoxicação nas cultivares de aveia (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotrione	72
Figura 8 - Comparação de sintomas de intoxicação por tembotrione em aveia 7 DAA, Lages- SC, 2017	73
Figura 9 - Recuperação de sintomas de intoxicação de tembotrione em aveia 21 DAA, Lages- SC, 2017	74
Figura 10 - Altura de plantas de aveia (cm) aos 7(a), 14(b), 21(c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotrione	77
Figura 11 - Número de folhas de aveia aos 7(a), 14(b), 21(c) e 28(d) em função das doses de tembotrione	80
Figura 12 - Área foliar (A) e massa seca (B) de aveia aos e 28 DAA em função das doses de tembotrione	84
Figura 13 - Intoxicação nas cultivares de aveia (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) ,28 (d) e 35 (e) DAA em função das doses de tembotrione.....	87
Figura 14 - Intoxicação em planta de aveia aos 21 DAA de 604,8 g i.a. ha ⁻¹ de tembotrione .	89

Figura 15 - Índice de colheita (IC) nas cultivares de aveia em função das doses de tembotrione 91

Figura 16 - Produtividade (kg.ha^{-1}) de grãos de aveia no momento da colheita (a) e durante o IC (b) em função das doses de tembotrione, Lages- SC, 2017 93

Figura 17 - Peso hectolitro (PH) e índice de descasque (ID) na aveia em função de doses de tembotrione, Lages-SC, 2017 96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado em casa de vegetação, 2017.....	51
Tabela 2 - Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995.....	53
Tabela 3 - Características químicas do solo da área experimental no ano de 2017	55
Tabela 4 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione	59
Tabela 5 - Análise de variância (quadrado médio) da altura das plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA de três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione	62
Tabela 6 - Altura de plantas (cm) aos 0, 7, 14 e 21 DAA em três cultivares de trigo, Lages – SC, 2017	63
Tabela 7 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta do trigo aos 14 e 21 DAA a aplicação de tembotrione	65
Tabela 8 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta das cultivares trigo aos 28 DAA a aplicação de tembotrione.....	65
Tabela 9 - Análise de variância (quadrado médio) do número de folhas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione.....	66
Tabela 10 - Número de folhas aos 14 e 28 DAA em três cultivares de trigo, Lages – SC, 2017	66
Tabela 11 - Análise de variância (quadrado médio) da área foliar (cm ²) e massa seca (g) aos 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione.....	68
Tabela 12 - Área foliar (cm ²) e massa seca (mg) aos 28 DAA DAA em três cultivares de trigo, Lages – SC, 2017	68
Tabela 13 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta da área foliar (cm ²) e massa seca do trigo aos 28 DAA de tembotrione.....	69

Tabela 14 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione	71
Tabela 15 - Análise de variância (quadrado médio) da altura das plantas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA de três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione	75
Tabela 16 - Altura (cm) de plantas aos 0, 7, 14 e 21 DAA em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017	76
Tabela 17 - Análise de variância (quadrado médio) do número de folhas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione	79
Tabela 18 - Número de folhas aos 14 e 28 DAA em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017	79
Tabela 19 - Análise de variância (quadrado médio) da área foliar (cm ²) e massa seca (g) aos 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione	82
Tabela 20 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA em três cultivares de aveia e cinco doses de tembotrione	86
Tabela 21 - Intoxicação (%) em três cultivares de aveia por tembotrione aos 7 e 35 DAA, Lages – SC, 2017	86
Tabela 22 - Análise variância (quadrado médio) para altura (cm), IC, MMG (g) e produtividade (kg.ha ⁻¹) de três cultivares de aveia e cinco doses de tembotrione	90
Tabela 23 - Altura (cm) e massa de mil grãos (MMG - g) em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017	92
Tabela 24 - Análise de variância (quadrado médio) para espessura de grão, peso hectolitro e índice de descasque de três cultivares de aveia e cinco doses de tembotrione	94
Tabela 25 - Espessura de grãos, peso hectolitro e índice de descasque em três cultivares de aveia, Lages-SC, 2017	95

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Ácido abscísico
ACCase	Acetil coa carboxilase
AF	Área foliar
Al	Alumínio
ALS	Acetolactato sintase
Ca	Cálcio
Cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
cmolc.(dm ³) ⁻¹	Centimol de carga por decímetro cúbico
CO ₂	Dióxido de carbono
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
C.V.	Coeficiente de variação
CTC	Capacidade de troca de cátions
cytP450 m	Citrocromo-P450-monooxigenase
DAA	Dias após aplicação
DBC	Delineamento em blocos casualizados
DIC	Delineamento em inteiramente casualizados
DAE	Dias após a emergência
FDS	Fitueno desnaturase
F.V.	Fator de variação
g	Gramas
g i.a. ha ⁻¹	Gramas de ingrediente ativo por hectare
GL	Graus de liberdade
GST	Glutationa-S-transfesrase
GT	Glicosil transferase
H	Hidrogênio
ha	Hectare
HPPD	4-hidroxifenil-piruvatodioxigenase
IAF	Índice de área foliar
IC	Índice de colheita
ID	Índice de descasque

Inmet	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
kg.ha ⁻¹	Quilogramas por hectare
kg.hL ⁻¹	Quilograma em cem litros
L	Litro
L.ha ⁻¹	Litro por hectare
MG	Miligrama
mg.(dm ³) ⁻¹	Miligrama por decímetro cúbico
Mm	Milímetros
MMG	Massa de mil grãos
MT	Malonil trasferase
m/v	Massa por volume
N	Nitrogênio
P	Fósforo
P	Probabilidade
P1	Produtividade 1
P2	Produtividade 2
PAI	Período Anterior a Interferência
PCPI	Período Crítico de Prevenção a Interferência
pH	Potencial hidrogeniônico
PH	Peso hectolitro
PQ	Plastoquinona
Psi	Pound force per square inch
PTPI	Período Total de Prevenção a Interferência
SBCPD	Sociedade Brasileira de Ciência de Plantas Daninhas
SOD	Superóxido dismutase
Tmáx	Temperatura máxima
Tméd	Temperatura média
Tmín	Temperatura mínima
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
V	Saturação de bases

LISTA DE SÍMBOLOS

'	Segundos
"	Minutos
°	Graus
°C	Graus Celsius
®	Marca registrada
%	Percentagem
≤	Menor
≥	Maior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	REVISÃO DA LITERATURA	35
2.1	CEREAIS DE INVERNO.....	35
2.1.1	Trigo	36
2.1.2	Aveia	36
2.2	INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS	37
2.3	MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....	41
2.4	SELETIVIDADE DE HERBICIDAS	43
2.5	TEMBOTRIONE	48
3	MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1	EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	51
3.1.1	Variáveis avaliadas	52
3.2	EXPERIMENTO DE CAMPO	53
3.2.1	Variáveis avaliadas	56
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	59
4.1.1	Trigo	59
4.1.2	Aveia	71
4.2	EXPERIMENTO DE CAMPO	85
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
6	CONCLUSÕES	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) e aveia branca (*Avena sativa*) são cereais de inverno amplamente cultivados no mundo devido a sua utilização na alimentação humana e animal, na indústria de cosméticos e na agricultura como forrageiras e cobertura de solo integrando a rotação de culturas. No Brasil, o trigo e a aveia branca se destacam como as culturas de estação fria de maior importância econômica e produtiva no centro sul e sul do país (CONAB, 2018).

No entanto, historicamente a produção de trigo não atende a demanda interna do país, havendo a necessidade constante de importação deste cereal. Por outro lado, em se tratar de aveia, há uma demanda crescente por grãos devido as suas múltiplas finalidades, porém historicamente apresenta índices produtivos baixos, na safra de 2017 a produtividade média brasileira foi de 1.862 kg.ha⁻¹ na safra de 2017, enquanto o estado do Rio Grande do Sul e trabalhos científicos apresentam produtividade iguais e superiores a 3.000 kg.ha⁻¹ indicando que o máximo potencial produtivo desta cultura não está sendo expresso em todas as lavouras (SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2012; KLAJN et al., 2014; CONAB, 2018;). Logo, há muito a ser feito para elevar os índices de rendimento dessas culturas.

Um dos fatores determinantes para se evitar reduções de produtividades é o manejo adequado de plantas daninhas, pois estas interferem no crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas (PAPA et al., 2005). Por exemplo, na cultura do trigo, a massa seca, a produtividade de grãos e a absorção de nitrogênio são reduzidas com o aumento da densidade de plantas daninhas (IQBAL; WRIGHT, 1999). Já na aveia as informações sobre interferência plantas daninhas são escassas, porque na maioria dos estudos a aveia não é tratada como uma cultura e sim como planta daninha em outras culturas de interesse econômico como trigo, centeio e cevada (CARGNIN et al., 2006; QUEIROZ et al., 2013; DALAZEN et al., 2015).

O controle de plantas daninhas é essencial para evitar reduções qualitativas ou quantitativas sobre o produto final (VACONCELOS et al., 2012). O qual deve ser realizado através de um manejo adequado incluindo métodos de controle culturais, físicos, mecânico, preventivos e por fim o químico. Entretanto, atualmente o método de controle mais utilizado pelos produtores para plantas daninhas é o químico, devido a sua rapidez, praticidade e baixo custo, o que favorece o manejo em grandes áreas de cultivo (SILVA et AL., 2011; DAN et al., 2011a).

Contudo, a escolha do herbicida para aplicação em pós-emergência, a fim de controlar plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas apresenta um número limitado de ingredientes ativos seletivos aos cereais de inverno, e tratando-se do mecanismo de ação este número é ainda mais reduzido ficando limitado a ficando limitado a quatro mecanismos de ação para a cultura do trigo, sendo eles: inibidores da enzima acetolactato sintase (inibidores de ALS), mimetizadores de auxina, inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase (inibidores ACCase) e alguns inibidores do fotossistema II (inibidores FSII). E para a aveia apenas dois: inibidores de ALS e mimetizadores de auxina. Mas agricultores, técnicos e pesquisas relatam que os inibidores de ALS são utilizados de forma quase exclusiva devido ao seu baixo custo de aquisição (DE MORI et al., 2014). E sua utilização repetitiva já acarretou à seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes como, por exemplo, o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Raphanus spp.*) em cultivos de inverno na região sul do Brasil (LAMEGO et al., 2013; HEAP, 2018).

Para contornar esse problema tem-se como opção a busca por novos herbicidas com mecanismos de ação diferentes e eficientes no controle destas e outras plantas daninhas que ocorrem nas áreas de cultivo (UIZURRUN et al., 2012) e que também sejam seletivos a cultura da aveia e do trigo. Agostinetto et al. (2016) destacam a importância de testar novas alternativas de herbicidas, mesmo que eles não sejam registrados para a cultura, para avaliar a eficácia no controle de plantas daninhas e a fitotoxicidade para o trigo, com o intuito de obter novas moléculas de mecanismo de ação diferente dos já utilizados. Isto facilitaria a elaboração de um programa de rotação de mecanismo de ação de herbicidas a fim de combater e evitar possíveis plantas resistentes. O mesmo é válido para a cultura da aveia, a qual possui um número ainda mais restrito de herbicidas seletivos registrados para a cultura.

Neste sentido, os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides, mais especificamente os inibidores da 4-hidroxifenil-piruvatodioxigenase (HPPD), podem ser uma alternativa interessante para o controle de biótipos de plantas resistentes a outros mecanismos de ação (BOND et al., 2014; WANG et al., 2015; NDIKURYAYO et al., 2017) encontrados em cultivos de inverno, tornando-se uma possível ferramenta disponível para o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo (SCHMITZ et al., 2015) e da aveia.

Porém, são escassas as informações disponíveis sobre a seletividade dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides sobre as culturas de inverno na literatura nacional, ficando limitadas a alguns resultados sobre a utilização do clomazone no trigo, apresentando um ótimo desempenho no controle de plantas daninhas e alta fitotoxicidade à cultura (GALON et al., 2015; SCHMITZ et al., 2015). No entanto, na literatura internacional o

tembotrione e os demais herbicidas que inibem a HPPD tem ganhado destaque pelos seus benefícios, entre eles estão: amplo espectro de controle de plantas daninhas incluindo biótipos resistentes a outros mecanismos de ação; excelente seletividade as culturas; baixa taxa de aplicação; baixa toxicidade para o ambiente; utilização em pré e pós-emergência (VAN ALMSICK et al., 2009; WANG et al., 2015; NDIKURAYAO et al., 2017). Neste sentido, o tembotrione mostra-se como um potencial herbicida para as culturas do trigo e da aveia, no entanto, não há relatos sobre ele nestas culturas gerando vários questionamentos quanto a seletividade, eficiência no controle de plantas daninhas, efeitos sobre a produtividade e a qualidade do produto final.

Diante das hipóteses de que (i) o tembotrione apresenta seletividade a culturas do trigo e aveia quando aplicado em pós-emergência inicial; e (ii) a seletividade do tembotrione aplicado em pós-emergência nas culturas da aveia e do trigo dependem da dose e da cultivar, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade do herbicida tembotrione aplicado em pós-emergência inicial nas culturas da aveia e do trigo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CEREAIS DE INVERNO

As culturas de inverno são espécies de plantas cultivadas que possuem crescimento e desenvolvimento favorecidos na estação fria. As espécies disponíveis para cultivo são relativamente numerosas, entre elas incluem-se trigo (*Triticum aestivum* L.), aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* L.), azevém (*Lolium multiflorum* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), linho (*Linum usitatissimum* L.), canola (*Brassica napus* L.), centeio (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticosecale rimpau* Wittm), cevada (*Hordeum vulgare* L.), como as mais importantes. No entanto, os cereais de inverno (trigo, aveia branca, aveia preta, triticale, centeio e cevada) são as culturas de maior interesse econômico (VARGAS; ROMAN, 2008; OLIVEIRA, 2009).

Os cereais de inverno possuem um importante papel na alimentação humana ou animal como fonte de fibras e nutrientes, apresentando versatilidade na forma de consumo. Estão presentes na composição de diversos alimentos e bebidas consumidos pela população brasileira como pão, bolos, biscoitos, massas, barras de cereais, cerveja, entre vários outros (SCHEUER et al., 2011). Na alimentação animal são excelentes opções de forragens e matéria prima na elaboração silagens, fenos e rações de alto poder nutritivo (OLIVEIRA, 2009; MEINERZ et al., 2011; CARLETTTO et al., 2015). Santos e Fontaneli (2010) destacam a importância da utilização dos cereais de inverno na cobertura de solo e na rotação de culturas com espécies de verão evitando assim pousio durante a estação fria, agregando renda ao produtor e melhorando o desempenho das culturas de verão subsequentes devido a ciclagem de nutrientes e a deposição de palhada sob solo.

No Brasil, a produção de culturas de inverno concentra-se principalmente na região Centro-Sul do país, totalizando 2.439,4 mil hectares (ha) cultivados na safra de 2017. Da área total 98,0% foram cultivadas com cereais de inverno, onde o trigo foi produzido em 78,5 % das áreas, a aveia em 14,0 % das áreas, cevada em 4,44%, triticale em 0,94% e centeio 0,15% das áreas respectivamente (CONAB, 2018). Destacando-se assim o trigo e a aveia como os cereais de inverno mais produzidos no país.

2.1.1 Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal muito antigo pertencente à família *Poaceae*, originário do Sudoeste da Ásia, que possui grande importância para economia mundial pois está entre os três cereais mais produzidos no mundo junto ao arroz e ao milho (TAKEITI, 2015).

Os maiores produtores mundiais são a União Européia, seguido da China, Índia, e Rússia, que juntos representam 61% da produção total mundial. A Argentina está em 10º lugar na lista dos maiores produtores, no entanto, se destaca como maior produtor de trigo na América do Sul com 17,5 milhões de toneladas (t) produzidas na safra de 2017/2018 (USDA, 2017).

No Brasil, a cultura do trigo é o principal cereal produzido na estação fria, totalizando uma área de 1.916,0 mil hectares (ha) e uma produção de 4.263,5 mil t. Dentre as regiões produtoras o Sul se destaca como detentor de 85% da produção nacional, com produtividade média de 2.308 kg.ha⁻¹ no Paraná, 1.826 kg.ha⁻¹ no Rio Grande do Sul, 2.630 kg.ha⁻¹ em Santa Catarina. Na região Centro-Oeste é a produtividade média ficou em 3.229 kg.ha⁻¹, região Sudeste em 2.996 kg.ha⁻¹ e na região Nordeste com 6.000 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Historicamente a produção brasileira de trigo oscila entre 4 a 7 milhões de toneladas de grãos, enquanto o consumo brasileiro tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas nos últimos anos (CONAB, 2018), havendo a constante necessidade de importação deste cereal, caracterizando uma demanda em elevar os índices produtivos da cultura. Dentre os vários fatores que podem limitar o desempenho agronômico do trigo, destaca-se a interferência pelas plantas daninhas que podem reduzir a quantidade e qualidade do produto final quando não manejadas adequadamente (AGOSTINETTO et al., 2008; SILVA et al., 2016a).

2.1.2 Aveia

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma gramínea anual pertencente à família *Poaceae*, originária da Ásia (MUNDSTOCK, 1983). Possui diversas finalidades de utilização dentre as quais destacam-se: grãos para o consumo humano, para formulações de rações e como matéria-prima industrial para a produção de cosméticos e para indústria química; é utilizada também na formação de pastagens de inverno para consumo in natura ou para produção de

feno e silagem, como cobertura de solo e adubação verde antecedendo a cultura de verão, destacando-se como uma importante cultura para a rotação com o trigo (DE MORI; FONTANELI; SANTOS, 2012; TAFERNABERRI JÚNIOR, 2012).

A aveia destaca-se entre os cereais pela sua qualidade nutricional sendo rica em fibras alimentares e lipídeos com predominância de ácidos graxos insaturados, minerais e antioxidantes benéficos a saúde a humana (WEBER et al., 2002). Na busca por uma alimentação mais nutritiva e saudável pela população, a aveia tem sido incluída nas dietas alimentares e seu consumo vem aumentando (CRESTANI et al., 2010; KLAJN et al., 2014).

Os maiores produtores mundiais de grãos de aveia são a União Européia e Rússia que juntas totalizam 55,6 % da produção total. A Argentina é o 6º maior país produtor mundial e destaca-se como o maior produtor de aveia na América do Sul como uma produção de 2,75 milhões de tonelada de grãos de aveia (USDA, 2017).

No Brasil durante a safra de 2017, as regiões centro-oeste e sul somaram juntas 340,3 mil ha cultivados com aveia e uma produção de 633,8 mil de t, com produtividade média brasileira de 1.862 kg.ha^{-1} . Dentre os estados produtores Rio Grande do Sul destacou-se com uma produtividade média de 3.020 kg.ha^{-1} , seguido do Paraná com 2.508 kg.ha^{-1} e Mato Grosso do Sul com 1.550 kg.ha^{-1} (CONAB, 2018).

A crescente utilização da aveia está estimulando diversas pesquisas para o desenvolvimento desta cultura quanto ao melhoramento genético de cultivares e manejo para elevar: produtividade e qualidade industrial (SOUZA et al., 2012; MANTAI et al., 2016); qualidade de sementes (SPONCHIADO et al., 2014; TAVARES et al., 2015); qualidade nutricional para alimentação humana e animal (DEMÉTRIO et al., 2012; KLAJN et al., 2014; POLITOSKI et al., 2016). No entanto, são encontrados poucos estudos em relação a interferência e controle de plantas daninhas que podem afetar significativamente a qualidade e quantidade do produto final (CARGNIN et al., 2006; QUEIROZ et al., 2013; DALAZEN et al., 2015).

2.2 INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

A produtividade das culturas de interesse agrícola tem aumentado significativamente ao longo dos anos, resultados estes de altos investimentos tecnológicos que possibilitam a obtenção de elevados índices de produtividade (GALVÃO et al., 2014). No entanto, existem casos em que a produção brasileira de alguns grãos não é autossuficiente para alimentar o país

como, por exemplo, a cultura do trigo (CONAB, 2018), ou ainda, culturas como a aveia em que seu potencial produtivo não é atingido. Estudos científicos demonstram produtividades médias de aveia obtidas em experimentos de 3000 kg.ha⁻¹ em Lages-SC (SOUZA et al., 2008; SOUZA et al. 2012) e o estado do Rio Grande do Sul apresentou produtividade média de 3.020 kg.ha⁻¹ na safra de 2017, enquanto a produtividade média brasileira nesta mesma safra foi de apenas 1.862 kg.ha⁻¹. Apesar do grande avanço tecnológico na agricultura ainda existem fatores que podem influenciar negativamente no desempenho agronômico das culturas, entre eles está a interferência das plantas daninhas, doenças e pragas que causam efeitos negativos sobre as culturas como a redução da qualidade e quantidade do produto colhido (VACCONCELOS et al., 2012).

Dentre estes fatores que reduzem a produtividade das culturas, a interferência causada pelas plantas daninhas merece um destaque especial. Considera-se planta daninha qualquer planta que cresça espontaneamente em local de atividade humana e cause prejuízos (ou potencial de prejuízo) a atividade de interesse (CARVALHO, 2013). Estas plantas se caracterizam por apresentar grande capacidade de adaptação em diversos ambientes, conseguem germinar, desenvolver-se e reproduzir-se em condições adversas, como déficit hídrico, solos ácidos ou alcalinos, temperaturas não ideais, salinidade, compactação etc (VASCONCELOS et al., 2012). Entende-se por interferência o “conjunto de ações negativas que sofre uma cultura ou atividade humana em decorrência da presença de plantas daninhas no ambiente” (VARGAS; ROMAM, 2008).

A interferência de plantas daninhas é responsável pela redução de produtividade nos cultivos e também podem dificultar a operacionalização do sistema de produção. Fontes et al. (2003) destaca que a interferência de plantas daninhas em áreas agrícolas pode ocasionar reduções drásticas de produtividade, em alguns casos específicos até a perda total da produção da lavoura. Blanco (1973) demonstra que foram determinadas reduções de até 92% da produtividade final devido a interferência causada por plantas daninhas em cultivos. Pesquisas mostram que a convivência com planta daninha durante todo ciclo da cultura acarreta reduções que variam entre 15% (FLECK, 1980) e 85% (LAMEGO et al., 2013) na produtividade do trigo, enquanto na aveia os relatos são de 21% de redução na produtividade (FLECK et al., 2009).

As reduções de qualidade e quantidade de produto final são decorrentes da competição por recursos como água, nutrientes, luz e espaço que podem se tornar limitantes (AGOSTINETTO et al., 2008), liberação de aleloquímicos que são metabólitos secundários produzidos e liberados no ambiente pela planta daninha que pode causar efeitos no

crescimento e no desenvolvimento de outra planta (LAMEGO et al., 2013) e/ou por hospedarem pragas e doenças (VASCONCELOS et al., 2012). A intensidade desse prejuízo ocasionado pela interferência de plantas daninhas depende das características da comunidade de plantas daninhas e da cultura, do manejo da área, do período de convivência entre as plantas daninhas e cultura e das condições de solo e clima que estão submetidas (PITELLI, 1985), compondo o grau de interferência.

Oliveira Jr. (2011) define grau de interferência como “a redução percentual do crescimento ou produtividade de uma cultura provocada pela interferência de plantas daninhas”. Esse valor de redução de produtividade é extremamente variável, porque depende diretamente da habilidade competitiva e manejo da cultura, por exemplo, milho, soja e girassol são mais competitivos que o trigo, alho e cenoura porque estas espécies têm porte reduzido e menor interceptação da luz solar. Espécies competitivas normalmente apresentam um rápido crescimento inicial, porte alto ou capacidade alta de ramificação, um rápido fechamento da linha, uma maior interceptação de luz solar dificultando assim a emergência de plantas daninhas. A capacidade competitiva pode variar entre espécies e também dentro da espécie como constatado por Lamego et al. (2013) estudando a habilidade competitiva de quatro cultivares de trigo: BRS Guamirim, Fundacep Cristalino, Fundacep Raízes e BRS 296 na convivência com plantas de azevém e nabo forrageiro, constatou que a cultivar Fundacep Cristalino, com ciclo precoce e estatura média, sofre um redução de apenas 40% de produtividade convivendo com plantas daninhas durante todo ciclo, enquanto os demais cultivares apresentaram reduções próximas a 85%. A habilidade de manter a produtividade e capacidade de reduzir o crescimento das plantas daninhas são características essências para que a cultura apresente vantagem em relação a comunidade infestante. (RIGOLI et al., 2009; CARVALHO et al., 2011).

A comunidade infestante de forma geral, quanto maior e mais semelhante a cultura, ocasionará as maiores reduções em crescimento e/ou produtividade (FLECK et al., 2008; GALON et al., 2014). Segundo Vargas e Romam (2008) quanto mais próximos morfologicamente ou fisiologicamente forem as duas espécies, mais similares serão suas exigências em relação aos fatores de crescimento e mais intensa será a competição pelos recursos limitantes. Maciel et al. (2017) estudando a interferência de plantas daninhas sob a cultura do trigo constatou que a cultura do trigo foi afetada negativamente quando cultivada com infestação crescente de *E. fosbergii* e *G. parviflora*.

O período de convivência entre as plantas daninhas e cultivadas é um dos principais fatores que determinam o grau de interferência. De maneira geral, quanto maior o período de

convivência entre ambas, mais intenso poderá ser o grau de interferência, no entanto, isso dependerá também da época em que esta ocorre. No início do ciclo da cultura as plantas daninhas e cultivadas convivem perfeitamente bem, ou seja, não ocorre interferência porque o ambiente consegue suprir a demanda de elementos necessários para crescimento e desenvolvimento de ambas as espécies, esta fase é denominada de período anterior a convivência (PAI) (BRIGHENTI et al., 2004). Segundo Pitelli (2014) o PAI compreende desde o momento da semeadura, germinação, emergência ou transplante, em que a cultura pode conviver com a comunidade infestante, antes que a interferência se estabeleça e reduza significativamente a produtividade nas lavouras, ou seja, em teoria, não necessita de controle. Brighenti et al. (2004) menciona um segundo período chamado de período total de prevenção a interferência (PTPI) que consiste no período que a cultura deve ser mantida livre da presença de plantas daninhas para que produção não seja afetada. Na prática este período compreende da germinação até fechamento das entrelinhas pela cultura, em teoria após o término do PTPI as plantas daninhas pode crescer livremente nas lavouras, pois não são mais capazes de causar interferência (PITELLI, 2014). Conhecendo o PAI e PTPI é possível determinar o período controle de prevenção a interferência (PCPI), o qual é resultado da diferença entre ambos, e indica o período em que métodos de controle devem ser aplicados nas culturas a fim de evitar alterações de produtividade e/ou utilização de herbicidas em momentos desnecessários. Neste momento as plantas daninhas presentes na área efetivamente acarretam interferência sobre a produtividade das culturas, por isso a importância do controle ser realizado neste período (VARGAS; ROMAM, 2008). Contudo, a espécie cultivada e daninha, o clima e o manejo podem influenciar a duração destes períodos, acarretando diferenças entre locais e anos distintos.

Zagonel (2005) destaca que na cultura do trigo as maiores reduções em produtividade resultantes da interferência de plantas daninhas ocorrem na fase inicial de desenvolvimento da cultura, e que o controle deve ser efetuado antes do final do perfilhamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Cenci et al. (2013), que afirmam “A competição foi mais acentuada a partir de 25 dias após a emergência (DAE), quando o trigo estava no estádio 31 da escala de Zadoks; Chang e Konzak (1974) ”, independente da aplicação ou não de regulador de crescimento. Estes resultados corroboram com os encontrados por Agostinetto et al. (2008) que determinam o PCPI entre 12 e 24 DAE. Dados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2016) para cultivar BRS Pardela no estado do Paraná em condições de infestação de nabo (*Raphanus raphanistrum*) onde o PCPI para trigo é 16 a 24 DAE. Porém, Zagonel e Fernandes (2010) relatam que o controle deve ser realizado até 32 DAE a fim de evitar

alterações na produtividade de trigo. Contudo, existindo variações nos números de dias dos períodos é possível verificar que as reduções de produtividade de trigo são crescentes com atraso do início do controle da comunidade infestante (CENCI et al., 2013).

Já para a cultura da aveia diferentemente do trigo as informações sobre interferência e manejo de plantas daninhas são escassas. Contudo, a interferência causada pelas plantas daninhas é uma das grandes responsáveis pela redução de rendimento de grãos das culturas (OERKE, 2006), fato que contribui para que a cultura apresente uma produtividade menor que seu potencial produtivo.

2.3 MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Segundo Lamego et al. (2013) o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Raphanus spp.*) destacam-se como as principais plantas daninhas infestantes das culturas de inverno na região Sul do país. Estas espécies têm sido amplamente utilizadas nos últimos anos como pastagem de inverno e cobertura solo, fato este que tem aumentado a indecência em lavouras de inverno. Ambas as plantas daninhas podem prejudicar fortemente a produtividade e qualidade dos grãos colhidos, pois, apresentam alta habilidade competitiva com as culturas, alta capacidade de ressemeadura natural incrementando o banco de sementes no solo.

Bianchi et al. (2014) destaca além do azevém, nabo e aveia, as seguintes espécies: *Conyza spp* (buva), *Polygonum convolvulus* (cipó-de-veado), *Rumex spp* (língua-de-vaca), *Echium plantagineum* (flor roxa), *Bowlesia incana* (erva salsa), *Sonchus oleraceus* (falsa serralha), *Silene gallica* (silene), *Spergula arvensis* (gorga ou espérgula) e *Stellaria media* (esparguta), como plantas daninhas de importância econômica nas culturas de inverno. Vargas et al. (2008) citam também que, nos anos em que o inverno apresenta temperatura média elevada, ocorrem outras espécies mais comuns no verão, como: *Brachiaria plantaginea* (papuãm), *Digitaria spp.* (milhã) *Bidens pilosa* e *sulbaternans* (picão preto), *Ipomoea spp* (corda-de-viola), *Richardia brasiliensis* (poaia branca), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Galinsoga parviflora* (picão branco), *Stachys arvensis* (orelha-de-urso) e *Spermacoce latifolia* (erva-quente). Além das espécies daninhas referidas, são frequentes também plantas voluntárias originadas de sementes perdidas na colheita de milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*).

Para o controle destas e outras plantas daninhas nas culturas de inverno é ideal estabelecer um manejo, considerando diversos fatores, dentre eles a rotação de culturas,

manejo físico, redução do banco de sementes, controle cultural, manejo preventivo e por fim utilizar-se o controle químico. Entretanto, a alternativa mais utilizada sem dúvida pelos produtores em grandes áreas é controle químico de plantas daninhas, destacando-se pela rapidez, baixo custo e eficiência dos produtos de controle (SILVA et al., 2011; DAN et al., 2011a).

O controle químico de plantas daninhas em lavouras de trigo e aveia é realizado em duas etapas. A primeira etapa consiste na dessecação total da vegetação presente na área de cultivo com herbicidas de ação total (glyphosate, amônio-glufosinato, paraquat e paraquat+diuron) antes da semeadura das culturas. A segunda etapa é caracterizada pela aplicação de herbicidas pós-emergentes seletivos a cultura (KARPINSKI, 2016).

Para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas em lavouras tríticas são utilizados o 2,4 D (mimetizador de auxinas) e metsulfuron-methyl (inibidores da enzima acetolactato sintase - ALS). Já para controle de monocotiledônea utiliza-se iodosulfuron-methyl (inibidor da ALS) e clodinafop-propargil (inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase-ACCase). O iodosulfuron-methyl possui alta eficiência no controle de azevém e efeito sob algumas plantas daninhas dicotiledôneas, enquanto o clodinafop-propargil possui a aveia (*Avena* spp.) como alvo biológico mais específico (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; AGROFIT, 2018). Recentemente foi lançado o herbicida também inibidor da ALS pyroxsulam eficaz no controle de monocotiledônea e algumas dicotiledôneas. No Brasil, encontra-se em fase de registro outros dois herbicidas: flucarbazone (inibidores da ALS) e pinoxadom (inibidores da ACCase) (BIANCHI et al., 2014). Mas, tratando-se do controle de plantas daninhas em pós-emergência na aveia existem dois herbicidas seletivos a cultura registrados para controle de dicotiledôneas 2,4 D (mimetizador de auxinas) e metsulfuron-methyl (inibidores de ALS) e não existem até o momento princípios ativos registrados para controle de monocotiledôneas (AGROFIT, 2018).

Analizando os herbicidas registrados percebe-se que são poucas as opções disponíveis, ficando limitado a quatro mecanismos de ação para a cultura do trigo, sendo eles: inibidores de ALS, mimetizadores de auxina, inibidores de FSII e alguns inibidores ACCase. E para a aveia apenas dois: inibidores de ALS e mimetizadores de auxina. Entretanto, agricultores, técnicos e pesquisas relatam que os inibidores de ALS são utilizados de forma quase exclusiva devido ao seu baixo custo de aquisição. De Mori et al. (2014), realizam um levantamento de herbicidas utilizados em pós-emergência ao trigo em três regiões tríticas do estado do Paraná, onde constatou que os quatro herbicidas mais utilizados foram metsulfuron-methyl (1º); iodosulfuron-methyl (2º); 2,4-D (3º) e clodinafop-propargil (4º).

A baixa disponibilidade de mecanismo de ação, associado ao uso repetitivo e algumas vezes irracional de herbicidas tem selecionados casos de plantas daninhas resistentes mundialmente, como por exemplo, o nabo e a buva resistente a herbicidas inibidores da ALS, o azevém resistente aos herbicidas inibidores de ACCase e inibidores da ALS em lavouras de inverno no sul do Brasil (HEAP, 2018). Vargas et al. (2008) mencionaram que é comum a substituição das espécies mais sensíveis pelas mais tolerantes aos herbicidas que tem sido utilizado com maior frequência.

Cabe destacar que o aumento de casos de resistência de plantas daninhas a determinados herbicidas, ocorre especialmente devido a pressão de seleção que também resulta da aplicação constante e abusiva de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação (COSTA; RIZZARDI, 2014). Foi necessário menos de cinco anos a partir do início da utilização dos herbicidas inibidores da ALS para identificar biótipos resistentes a estes herbicidas (SAARI et al., 1994). E nos últimos anos os inibidores da ALS é o mecanismo de ação que apresenta maior número de registros de resistência com 160 espécies (HEAP, 2018). No caso dos biótipos resistentes em lavouras de trigo e aveia isto é uma consequência da existência de poucas alternativas de moléculas químicas recomendadas para o controle de plantas daninhas nestas culturas.

A fim de evitar o surgimento de novas espécies de plantas daninhas resistentes e contornar o problema já existente, nota-se a necessidade da busca por novos herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, mas que sejam eficientes no controle dessas espécies de plantas daninhas (UIZURRUN et al., 2012) e que também apresentem seletividade a cultura do trigo e da aveia. Entretanto, Bianchi et al. (2014) ressalta que o controle químico mesmo seletivo as culturas e eficiente no controle de plantas daninhas deve ser utilizado com critérios rígidos, considerando seus custos, eficiência e segurança ao meio ambiente e ao homem, devendo ser parte de um programa integrado de controle de plantas daninhas.

2.4 SELETIVIDADE DE HERBICIDAS

A seletividade de herbicidas é chave para sucesso do manejo químico de plantas daninhas em culturas cultivadas. A seletividade de um herbicida está na capacidade de causar a morte ou inibir o crescimento da planta daninha, mas, sem causar efeitos deletérios drásticos a cultura de interesse (OLIVEIRA JR. et al., 2011; CARVALHO, 2013). Já os herbicidas não

seletivos são aqueles que afetam tanto as plantas daninhas quanto a cultura cultivada (DEUBER, 2003).

A seletividade de ou à herbicidas baseia-se na a capacidade da planta para metabolizar rapidamente estas moléculas em compostos formadores não fitotóxicos (OLIVEIRA JR, 2011). Além disso, depende também do modo e das condições edafoclimáticas no momento da aplicação, das características físico-químicas do produto, da suscetibilidade dos genótipos, da dose utilizada e do estágio de desenvolvimento da cultura (HARRISON; LOUX, 1995; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Segundo Oliveira Jr (2011) existem três grupos de fatores que regulam a seletividade, sendo eles: 1) fatores relacionados às características do herbicida ou método de aplicação (dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta); 2) Fatores relacionadas as características das plantas (diferenças fisiológicas e morfológicas entre espécies de plantas, seletividade associada à retenção e absorção diferencial - superfície e ângulo de inserção foliar, forma, número e arranjo do dossel; idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa, seletividade associada à translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial – destoxificação); 3) Protetores ou “safeners”.

A dose do herbicida é expressa em unidade de massa (g ou kg) ou volume (mL ou L) por área (ha), é uma peça chave na seletividade. Caso a dose aplicada seja maior que a recomenda pelo fabricante o herbicida pode deixar de ser seletivo a cultura (KLINGMAN et al., 1975; OLIVEIRA JR. et al., 2011). Outro fator importante para a seletividade é a formulação de herbicidas, os quais muitas recebem adjuvantes ou protetores a fim de aumentar estabilidade, diluição, distribuição, absorção e translocação pela planta (KLINGMAN et al., 1975; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

O modo de aplicação está diretamente relacionado a seletividade de herbicidas. Quando o herbicida é aplicado em jato semidirigido na entrelinha da cultura de interesse ou em jato dirigido sobre as plantas daninhas, é possível que herbicidas não seletivos sejam utilizados em culturas susceptíveis sem causar prejuízos, como ocorre comumente em cultivos de frutíferas com o uso do paraquat. OLIVEIRA JR. et al. (2011) ressaltam que esta seletividade é decorrente do fato do herbicida não atingir os pontos de absorção da cultura de interesse (gemas, folhas, caule e raízes), mas atingir diretamente a planta alvo. A seletividade de posição pode ser obtida através aplicação de herbicidas específicos em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas, onde o herbicida é posicionado sobre a superfície do solo enquanto as sementes da cultura estão abaixo do perfil de ação do herbicida. Normalmente a

germinação de plantas daninhas ocorre mais próximo a superfície do solo ocasionando o maior contato com o herbicida, enquanto a cultura germina mais abaixo e sofre pouco efeito do herbicida, ou seja, a localização espacial garante a seletividade (KLINGMAN et al., 1975; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Tratando-se de plantas, respostas diferenciadas podem ser obtidas diante da aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas, devido a suas diferentes características genéticas, tais como tamanho, intercepção folha, volume de raízes, área foliar, capacidade de perfilhamento, capacidade competitiva e outros. Fato que já foi descrito em estudos envolvendo o trigo (PAULA et al., 2011), o arroz (PINTO et al., 2008), cana-de-açúcar (FERREIRA et al., 2005; GALON et al., 2009a), e a soja (AGOSTINETTO et al., 2009).

A idade e estádio de desenvolvimento da planta possuem relação direta com a seletividade. De maneira geral quanto mais jovem a planta mais suscetível, porque possui menor quantidade de tecidos especializados e intensa atividade enzimática, que favorecem a dinâmica do herbicida (DEUBER, 2003). Porém, há relatos de plantas adultas que sobre efeitos deletérios pela aplicação de herbicidas como ocorre com a aplicação de 2,4 D no trigo. A cultura é seletiva a este herbicida nas fases iniciais de desenvolvimento, porém nos estádios reprodutivos sua aplicação causa atrofamento e danos à espiga e aos grãos (VARGAS; ROMAM, 2008).

A absorção de herbicidas é diferente para cada espécie de planta devido as suas diferenças anato-morfológicas e anato-fisiológicas, características estas que definem a quantidade de substância que a planta absorve (AZANIA; AZANIA, 2014). Os herbicidas normalmente são absorvidos mais facilmente pelas raízes que pelas folhas, devido a sua menor espessura ou ausência de cutina (FERREIRA et al., 2008). Outro exemplo, de absorção diferencial ocorre em plantas monocotiledôneas jovens, onde aplicações de herbicidas de contato em pós-emergência têm pouca eficiência, já que seu meristema de crescimento se encontra abaixo do nível solo, ficando protegido, enquanto as dicotiledôneas têm seus pontos de crescimento expostos em todas as suas ramificações facilitando a absorção (AZANIA; AZANIA, 2014).

A translocação reduzida de determinados herbicidas como o clomazone na soja ou norflurazon ao algodão explicam a seletividade (GALON et al., 2009b). Em espécies tolerantes o movimento lento contribui através da exposição da molécula aos mecanismos de conjugação antes que molécula chegue ao sítio de ação (AZANIA; AZANIA, 2014). Klingmam et al. (1975) ressaltam que a velocidade ou a taxa de translocação depende da

característica da molécula herbicida, da espécie de planta e de seu estágio de crescimento, além das condições ambientais.

O metabolismo diferencial em plantas é o principal responsável pela seletividade de herbicidas utilizados em pós-emergência nas culturas. Através deste processo as plantas tolerantes inativam as moléculas do herbicida antes que elas causem alguma toxicidade, (KLINGMAN et al., 1975). Nas plantas tolerantes as moléculas podem ser inativadas através da metabolização, compartmentalização ou baixa afinidade entre herbicida/enzima (GALON et al., 2009b).

A metabolização evita/reduz injúrias através da transformação da molécula (processos de redução, hidroxilação, dealquilação) de herbicidas a compostos secundários pouco tóxicos ou atóxicos a plantas (VARGAS; ROMAM, 2008). Carvalho et al. (2013) comentam que “existem várias enzimas envolvidas no processo de detoxificação destacando-se a cytP450 m (citocromo-P450-monooxigenases), SOD (superóxido dismutase), GT (glicosil transferases), MT (malonil transferases), GST (glutationa-S-transferase)”. Herbicidas do grupo das imidazolinonas (OLIVEIRA JR et al., 2011) e sulfonilureias (SILVA et al., 2007) são exemplos da seletividade através do processo de metabolização.

A compartmentalização consiste em impossibilitar a translocação do herbicida por meio da absorção da molécula do herbicida nos tecidos vegetais, normalmente ocorre antes da metabolização. GALON et al. (2009b) ressaltam “geralmente, os herbicidas ficam retidos no vacúolo das células, que ainda permanecem vivas e expõem a molécula aos processos de metabolização”.

Para que um herbicida leve a planta a morte é necessário que sua molécula ligue-se a sua enzima-alvo, no entanto, se está enzima-alvo não ocorre na planta a molécula fica disponível para metabolização sem causar danos, possibilitando tolerância a espécie (AZANIA; AZANIA, 2014).

Diante de herbicidas com grande eficiência no controle de plantas daninhas, mas que causavam intoxicações às culturas pesquisadores desenvolveram “*safeners*” ou protetores que aumentam a tolerância das plantas a determinados herbicidas (GALON et al., 2011). Os protetores químicos são substâncias que protegem as plantas de injúrias ou danos por herbicidas, porém não revertem os danos ocasionados por eles e também não altera o controle de plantas daninhas (FERREIRA; CATANEO, 2001; ABU-QARE; DUNCAN, 2002). A aplicação de clomazone na cultura do algodão é possível devido ao uso do “*safener*” *permit*® (0,0-diethyl-0-fenyl-fosforotiatato) que diminui significativamente as injúrias da cultura (ADAPAR, 2018).

A seletividade de herbicidas pode ser avaliada visualmente por meio dos sintomas de fitotoxicidade em plantas, e também pela variação na taxa fotossintética e por parâmetros de estresse oxidativo (AGOSTINETTO et al., 2016). Adicionalmente é importante verificar a eficiência do herbicida no controle de plantas daninhas alvo e os efeitos sobre a produtividade, pois existem produtos que reduzem a produtividade das culturas, sem sintomas visuais e outros que causam lesões sérias, mas que são passíveis de recuperação ao permitir que a cultura expresse todo seu potencial produtivo (NEGRISOLI et al., 2004).

Os experimentos que investigam a seletividade de herbicidas podem ser conduzidos em casa de vegetação e/ou campo. Utilizando doses específicas de vários herbicidas em conjunto buscando identificar qual molécula é seletiva, ou através de experimentos de dose-resposta de um único herbicida aspergindo sobre as plantas a subdoses e sobredoses do herbicida em relação a dose recomendada pelo fabricante, buscando identificar em qual dose o produto é seletivo. Os experimentos de dose-resposta proporcionam a obtenção de curvas onde é possível identificar as doses que não afetam o crescimento das plantas e também dose que reduz 50% do acúmulo de massa seca (GR₅₀) (CHRISTOFFOLETI, 2002). Durante experimentos de dose-resposta pode detectar-se efeito estimulante ao crescimento da planta devido a aplicação de subdoses de herbicida, caracterizando a hormese.

A hormese muitas vezes chamada de “*hormesis*” ou efeito hormético é caracterizada pela utilização de substâncias que são consideradas tóxicas, em doses substancialmente menores que a utilizada, resultado em estímulos para o desenvolvimento vegetal (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Segundo Belz e Duke (2014) na literatura a “hormese” é frequentemente atribuída ao glifosato, mas não é o único herbicida que proporciona esse fenômeno. Duke et al. (2006) citam exemplos de vários herbicidas que proporcionam efeito de “hormese” através do incremento em altura, massa seca, teor de proteína, entre outros, em culturas como da soja, trigo milho e centeio. Para detecção de hormese são necessários estudos detalhados de dose-resposta incluindo doses estimulantes e doses que levam a efeitos adversos, no entanto, a maioria dos trabalhos utilizam doses elevadas a fim de obter controle, enquanto a hormese é estimulada por doses muito abaixo das utilizadas para controle, levando assim a não identificação ou desconsideração do efeito de hormese, gerando um baixo número de relatos sobre esse assunto na literatura (BELZ; DUKE, 2014).

Existem poucos herbicidas seletivos recomendados para a cultura do trigo e um número ainda menor para a cultura da aveia, o que pode ocasionar o uso inadequado deste por parte dos produtores devido à falta de informações ou de opções. Diante desta problemática Agostinetto et al. (2016) comentam a importância de testar novas alternativas de herbicidas,

mesmo que eles não sejam registrados para a cultura, para avaliar a eficácia de controle de plantas daninhas, a fitotoxicidade para a cultura do trigo e a possibilidade de se obter moléculas alternativas para um programa de rotação de herbicidas afim de combater e evitar possíveis plantas resistentes. O mesmo é válido para a cultura da aveia, a qual possui um número ainda mais restrito de herbicidas seletivos registrados para a cultura (AGROFIT, 2018). Neste sentido, os herbicidas inibidores da 4-hidroxifenil-piruvatodioxigenase (HPPD), pertencentes ao mecanismo de ação inibidores da biossíntese de carotenoides, podem ser uma alternativa interessante para o controle de biótipos de plantas resistentes a outros mecanismos de ação (BOND et al., 2014; WANG et al., 2015; NDIKURYAYO et al., 2017) encontrados em cultivos de inverno, tornando-se uma possível ferramenta disponível para o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo (SCHMITZ et al., 2015) e da aveia.

2.5 TEMBOTRIONE

O tembotrione pertence ao grupo químico das tricetonas, grupo este descoberto no ano de 1977 por Reed Gray, um cientista que trabalhava na Western Research Center (Califórnia). Gray observou que próximo as plantas de escova-de-garrafa (*Callistemon citrinus*) havia um menor número de plantas daninhas crescendo e se desenvolvendo em relação a área total. Com base nessa observação isolou o composto desta planta (leptospermone) que mostrou potencial como herbicida. Essa descoberta despertou o interesse de vários pesquisadores que desenvolveram moléculas análogas sintéticas que foram patenteadas no ano de 1980 (BEAUDEGNIES et al., 2009). A partir desses eventos houve um interesse por este grupo químico que passou a ser cada mais estudado. Baseado nesses relatos no ano de 1997 empresa Bayer CropScience descobriu em seus laboratórios a molécula de tembotrione (VAN ALMSICK et al., 2009), a qual foi lançada oficialmente no ano de 2007 no Brasil.

O tembotrione (2-[2-chloro-4-(methylsulfonyl)-3-[(2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]-benzoyl]-1,3- cyclohexanedione) é um herbicida pós-emergente, seletivo e sistêmico do grupo das tricetonas. Foi lançado no ano de 2007 pela empresa Bayer CropScience, no Brasil é comercializado com o nome comercial Soberam® o qual possui registro para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas na cultura do milho (VAN ALMSICK, 2009; AGROFIT, 2018).

É um herbicida de caráter ácido ($pKa=3,2$) com alta solubilidade em água (283.000 mg L⁻¹, pH7,0 e 20°C) e coeficiente de partição octanol/água muito baixo ($Kow = -1,09$, pH 7.0 e

24°C); Apresenta-se como um produto com baixa pressão de vapor ($8,25 \times 10^{-11}$ mm Hg) e ponto de fusão a 123,0 °C, caracterizando baixo potencial de volatilização. Seu tempo de meia vida é em torno de 32 dias após a aplicação (USDA, 2007).

Atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenoides através da inibição na atividade da 4-hidroxifenil-piruvatodioxigenase (4- HPPD). Essa enzima converte um subproduto (4-hidroxifenilpiruvato) do aminoácido tirosina e produz os precursores (homogentisato) da plastoquinona (PQ). A PQ por sua vez é o cofator enzimático da fitoeno desnaturalase (FDS) que catalisa a conversão do fitoeno em fitoflueno, o qual é o precursor de carotenoides. Na ausência de PQ a atividade da FDS é reduzida o que impacta na rota de síntese de carotenoides (DAN HESS et al., 2000) devido ao acúmulo de fitoeno. Sem carotenoides a clorofila (responsável pela coloração verde as plantas) fica desprotegida, ocorrendo a foto-oxidação, apresentando em plantas suscetíveis a sintomatologia, o inconfundível de branqueamento/albinismo dos tecidos fotossintéticos (HAWKES, 2007).

Com o predomínio do acúmulo de fitoeno nos tecidos foliares, as plantas produzem tecidos foliares albinos normais exceto pelas clorofilas (foto-oxidadas) e carotenoides (síntese inibida). Isto ocorre porque o fitoeno é o precursor sem cor do caroteno. E o caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da clorofila contra a foto-oxidação. A ausência de carotenoides também favorece a formação de radicais livres, os quais ocasionam um estresse oxidativo que leva a planta a morte, causando oxidação de lipídeos, danos às membranas e ruptura das células (DAN HESS, 2000).

O herbicida apresenta absorção pelas folhas e raízes e translocação apo-simplástica (KRUSE, 2001). A seletividade ao milho se dá pela translocação reduzida e pela rápida detoxificação da molécula (VARGAS; ROMAM, 2008; WILLIAMS; PATAKY; 2010) devido principalmente a ação da hemoproteína da citocromo P-450 (BEAUDEGNIES et al. 2009). Sua seletividade é facilitada pela adição de um “*safener*” na sua formulação chamado isoxadifen-ethyl (SCHULTE; KOCHER. 2009).

O controle de plantas daninhas é feito com doses entre 75-100 g i.a. ha⁻¹, e atinge excelentes resultados que são relatados em vários eventos científicos e publicações (YOUNG et al., 2007, WILLIAMS II e PATAKY, 2008; GATZWEILER et al., 2012).

O tembotrione e os demais herbicidas que inibem a HPPD têm ganhado destaque na literatura internacional pelos seus benefícios que incluem: amplo espectro de controle de plantas daninhas incluindo biótipos resistentes a outros mecanismos de ação; excelente seletividade as culturas; baixa taxa de aplicação; baixa toxicidade para o ambiente; utilização

em pré e pós-emergência (VAN ALMSICK et al., 2009; WANG et al., 2015; NDIKURYAYO et al., 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UDESC, localizado no município de Lages-SC.

3.1 EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

Para a realização dos experimentos utilizou-se três cultivares de trigo (TBIO Pioneiro, TBIO Toruk e Marfim) e três cultivares de aveia (IPR Artemis, URS Brava e URS Corona) submetidos a doses crescentes de tembotrione, sendo elas: 0D, 1/8D, 1/4D, 1/2D, D, 2D, 4D, 8D, 16D, 32D e 64D (em que D é a dose recomendada do herbicida), totalizando onze tratamentos. Conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjados em esquema fatorial 3x11, com cinco repetições.

O teste de dose-resposta foi conduzido em copos descartáveis de 500 mL contendo um substrato composto por uma mistura de solo e casca de arroz, na proporção 2:1. A adubação de base foi realizada antes da semeadura com adubo 5-20-10, visando atender a expectativa de produção de 5 toneladas (t) obtida através da Recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (CQFS-RS/SC, 2016), a partir da análise do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo utilizado em casa de vegetação, 2017.

Índice SMP	pH H ₂ O	M.O	Argila	V	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC ph7.0	Al
	(1:1)	-----(%-----	-----	---mg/dm ³ ---	-----	-----	-----	-----	-----cmolc/dm ³ -----		
5,6	5,4	2,3	35	58,6	11,8	0,6	6,1	3,1	6,9	16,7	0,0

Análise realizada pelo Laboratório de Física e Química do Solo da Universidade do Estado Santa Catarina – CAV/UDESC, Lages-SC

Os testes de dose-resposta para a cultura do trigo e da aveia foram conduzidos isoladamente, mas de forma concomitante. Os quais foram semeados no dia 08/05/2017 depositando cinco sementes por copo, 14 dias após a emergência (DAE) realizou-se o raleio manual deixando duas plantas por copo, compondo a unidade amostral.

Quando as plantas atingiram o estádio 14 da escala de Zadoks; Chang e Konzak (1974), caracterizado por 50% da 4^a folha visível, receberam aplicação em pós-emergência

dos tratamentos, sendo eles: 0 (testemunha sem aplicação do herbicida), 9,45; 18,9; 37,8; 75,6; 151,2; 302,4; 604,8; 1.209,6; 2.419,2 e 4.838,2 g i.a. ha^{-1} de tembotrione, com adição de 0,5% de adjuvante éster metílico de óleo de soja a calda.

A aplicação dos tratamentos no trigo foi realizada no dia 06/06/2017 e na aveia no dia 09/06/2017. Foi utilizada em ambas as culturas a formulação comercial do herbicida tembotrione (Bayer S.A., Soberan®, Brasil), contendo 42% (m/v) do ingrediente ativo [2-[2-chloro-4-(methylsulfonyl)-3-[(2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]-benzoyl]-1,3-cyclohexanedione] e a formulação comercial de adjuvante com 72,0% éster metílico de óleo de soja (Bayer S.A., Aureo®, Brasil). Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO_2 (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, equipado com duas pontas tipo leque (80.02 VS TeeJet®, EUA), espaçadas de 0,5 metros (m) entre e si e posicionada a 0,5 m da superfície do alvo, usando o equivalente a 200 L ha^{-1} de calda.

A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada sete dias após a aplicação do herbicida, a fim de evitar possíveis efeitos antagônicos entre as práticas, com o uso de ureia (45-0-0). As irrigações foram feitas diariamente com auxílio de um regador, aplicando-se 20 litros (L) de água sobre cada experimento.

3.1.1 Variáveis avaliadas

Para o trigo e aveia foram avaliados os seguintes parâmetros: altura de planta, número de folhas e notas de intoxicação no dia 0 (dia da aplicação), e sequencialmente aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), além de massa seca e índice de área foliar ao final do período de avaliação.

A altura de plantas (cm) foi mensurada com auxílio de uma régua graduada com 30 centímetros (cm) desde a superfície do solo até a inserção da última folha completamente expandida. O número de folhas foi obtido por contagem direta de folhas completamente expandidas.

A avaliação de danos no trigo e na aveia ocasionada pelo tembotrione foi realizada com base nos sintomas visuais de branqueamento/albinismo da planta, de acordo com os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na tabela 2. De forma subjetiva, três avaliadores atribuíram individualmente notas de percentagem aos danos, que variam de 0 (zero) a 100% (cem). A média dos três avaliadores representou os danos observados.

Tabela 2 - Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995

Danos (%)	Descrição
0% a 5%	Sem injúria. Sem efeito sobre a cultura
6% a 20%	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
21% a 40%	Injúrias moderadas e/ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitivas. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
41% a 75%	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande. Efeitos intensos o suficiente para promover reduções drásticas de produtividade
76% a 100%	Destrução completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD, 1995.

Ao final das avaliações (28 DAA) cortou-se as plantas rente ao solo e separou-se das plantas as folhas sem presença de sintoma (verdes). As quais posteriormente foram submetidas a análise de índice de área foliar (IAF) pelo método de análise não destrutivo, através do integrador de área foliar (LI-COR®, modelo LI 3100 AREA METER). Os resultados foram expressos em centímetros quadrados (cm^2). O material utilizado para determinação do IAF foi devidamente armazenado para determinação da massa seca.

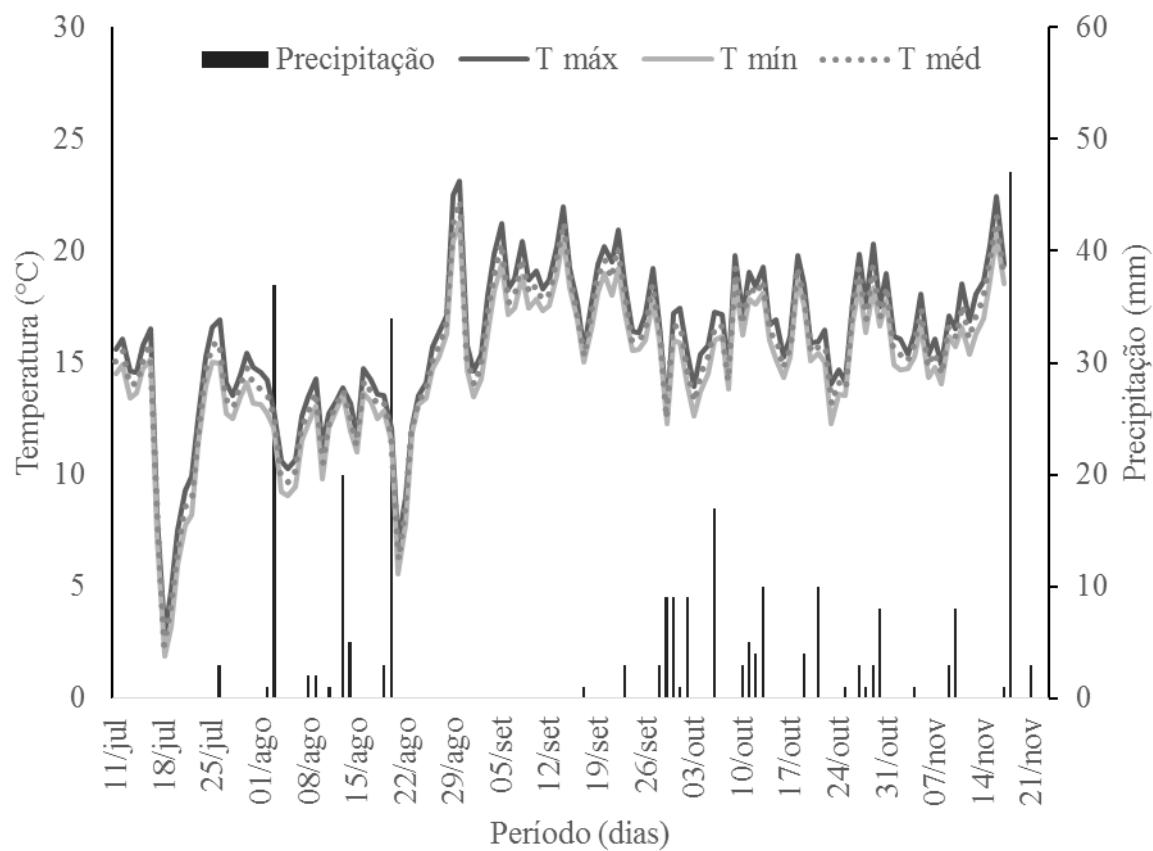
Para quantificação da massa seca, secou-se todo material vegetal coletado anteriormente (folhas sem presença de sintoma, folhas com sintomas, caule e tecido morto) em estufa de circulação forçada (Lucadema, LUCA-82/480, Brasil) a 60 ± 2 °C até atingir peso constante, e posteriormente pesado em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil).

3.2 EXPERIMENTO DE CAMPO

O experimento em campo foi modelado com base nos resultados obtidos anteriormente em casa de vegetação, optando-se por implantar apenas a cultura da aveia a qual mostrou-se mais promissora quanto a seletividade. Utilizou-se a área experimental na Universidade do Estado de Santa Catarina CAV/UDESC, no município de Lages – SC, com coordenadas geográficas $27^{\circ}52'30''$ de latitude sul e $50^{\circ}18'20''$ de longitude oeste, com altitude média de 930m. Estas características proporcionam um clima frio no inverno, com

frequentes temperaturas abaixo de zero, ocorrência de geadas e chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2006). Favorecendo o desenvolvimento de cereais de inverno. Os dados meteorológicos (temperatura máxima, média, mínima e chuva) de Lages durante o período do experimento foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e estão representados na figura 1.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, 2017



Fonte: Inmet, 2018; elaborada pela própria autora, 2018.

T máx; temperatura máxima; T mín: temperatura mínima; T méd: temperatura média.

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico alumínico (EMBRAPA, 2006). O resultado da análise química do solo realizada na camada arável do solo (0-20 cm) está descrito na tabela 3.

Anteriormente a semeadura do experimento, o solo da área experimental foi preparado no sistema convencional com auxílio de arado e grade niveladora. Historicamente, a área experimental é conduzida em sistema de cultivo convencional predominando as culturas de milho e soja no verão, e cultivo de cereais de inverno (trigo, aveia, triticale) na estação fria.

No ano agrícola de 2016/2017, safra de verão contava com a condução da cultura do milho antecedendo o cultivo da aveia.

Tabela 3 - Características químicas do solo da área experimental no ano de 2017

Índice SMP	pH H ₂ O	M.O	Argila	V	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC ph7.0	Al
(1:1)	-----	(%)-----	-----	---mg/dm ³ ---	-----	-----	-----	-----	-----cmolc/dm ³ -----	-----	
5,4	5,6	3,4	45,0	62,0	19,4	99,0	8,6	4,8	8,3	22,0	0

Análise realizada pelo Laboratório de Física e Química do Solo da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC/ Campos Novos-SC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), dispostos em parcelas sub-divididas, com cinco repetições por tratamento. Na parcela principal foram alocados as três cultivares de aveia: IPR Artemis, URS Brava e URS Corona. Nas sub-parcelas foram avaliadas as doses de tembotrione: 0 (testemunha sem a aplicação do herbicida); 75,6; 151,2; 302,4 e 604,8 g i.a. ha⁻¹. Cada subparcela foi constituída por 5 linhas de 5,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,2 m. As subparcelas foram espaçadas 0,5 m entre si.

A semeadura foi realizada seguindo a densidade recomendada pelas empresas detentoras das cultivares, sendo 350 sementes aptas por m² para IPR Artemis e URS Corona e 300 sementes aptas por m² para URS Brava, no dia 11/07/2017, sob resteva de milho, com auxílio da semeadora-adubadora de parcelas (Embrapa-Semeato, modelo Sêmina).

A adubação de correção e manutenção foi realizada com base na análise de solo (tabela 3) seguindo as recomendações da Comissão de química e fertilidade do solo SC/RS (2016), almejando uma expectativa de produtividade de 5.000 kg.ha⁻¹. No momento da semeadura distribuiu-se na área 375 kg da formulação 5-20-10, totalizando 18,8 kg de nitrogênio (N), 75 kg de fósforo (P) e 37,5 kg de potássio (K). A adubação de nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas épocas: inicio do perfilhamento (7 dias após aplicação do herbicida-21/08/2017) e no início do alongamento do colmo (11/09/2017), utilizando-se como fonte nitrogenada a ureia (45-0-0). Junto a primeira aplicação de ureia, realizou-se a aplicação de cloreto de potássio (0-0-60) com o intuito de complementar a quantidade de K exigida pela cultura.

A aplicação de tembotrione foi realizada no dia 14/08/2017 quando 50% das plantas estavam com 3-4 folhas completamente expandidas (início do perfilhamento), com auxílio pulverizador costal pressurizado com CO₂ (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, equipado

com duas pontas tipo leque 80.02 VS (TeeJet®, EUA), espaçadas de 0,5 metros (m), calibrado para um volume de calda de 200 L ha⁻¹. A barra foi posicionada 0,5 m acima das plantas. As formulações comerciais utilizadas foram: Soberan® (Bayer S.A, Brasil) que possui 42% (m/v) de tembotrione (2-[2-chloro-4-(methylsulfonyl)-3-[(2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]-benzoyl]-1,3-cyclohexanedione) e adição de 0,5% a calda de adjuvante Aureo® (Bayer S.A., Brasil) que possui 72,0% éster metílico de óleo de soja.

O controle de plantas daninhas foi efetuado por meio de capina manual nas subparcelas que receberam 0 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione (testemunha) após a aplicação dos tratamentos e nos demais tratamentos realizou-se catação manual de eventuais plantas daninhas que emergiram até o momento da colheita, fato este que teve ocorrência pouco expressiva.

O controle de doenças foliares foi realizado através de aplicação de fungicidas no aparecimento dos primeiros sintomas de manchas foliares (*Helminthosporiose - Drechslera avenae*) utilizou-se Azoxistrobina+Ciproconazol no dia 25/08/2017. Posteriormente, foi realizada mais três aplicações preventivas de fungicidas a cada 14 dias utilizando os seguintes ingredientes ativos posteriormente: Trifloxistrobina+Tebuconazole; Azoxistrobina+Ciproconazol e Propiconazol+ Difenoconazol.

Observou-se durante o desenvolvimento da cultura a presença de percevejos raspadores (*Collaria scenica*) e pulgões (*Rhopalosiphum padi* e *Schizaphis graminum*) os quais foram controlados com quatro aplicações sequenciais a cada 14 dias iniciados no dia 25/08/2017, dos respectivos ingredientes ativos: Tiomexam+Lambda-cialotrina, Profenofós+Lufenuron, Tiomexam+Lambda-cialotrina e Imidacloprido+Beta-ciflutrina.

No dia 13/11/2017 foi efetuada a dessecção da aveia com aplicação de paraquat buscando uniformizar a maturação e facilitar a colheita, a qual foi realizada no dia 23/11/2017 de forma mecanizada.

3.2.1 Variáveis avaliadas

A avaliação de danos causados pelo tembotrione na aveia, foi realizada de forma subjetiva por três avaliadores aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação do tratamento (DAA) com base nos sintomas visuais, onde as percentagens variam de 0 (sem sintomas) a 100% (morte da planta), de acordo com os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na tabela 2. A média dos três avaliadores representou os danos observados.

O índice de colheita (IC) foi efetuado quando as plantas atingiram o estádio 89 da escala Zadoks; Chang e Konzak (1974) que corresponde a maturidade fisiológica aproximada. Delimitou-se uma área aleatória na parcela com tamanho de 0,3m², composta por 0,5 m das linhas centrais da parcela, onde cortou-se as plantas rente ao solo, estas foram secas em estufa a 60±2°C até atingirem peso constante. Posteriormente, foram pesadas em balança semi-analítica (BEL Engineering, L3102i, Brasil) a biomassa total de plantas e peso de grãos maiores que 2 mm separadamente, o obtendo o IC através da relação: peso total de grão (g) / biomassa total da planta (g).

A altura de planta foi determinada próximo a colheita, em dez pontos aleatórios em cada subparcela. Utilizou-se a régua topográfica com 7 m de comprimento (Xpex) a qual foi posicionada rente ao solo paralelamente ao caule da planta medindo até a extremidade da panícula.

A partir da amostra obtida a campo durante a colheita estimou-se os componentes de rendimento (produtividade e MMG) e qualidade industrial (PH, ID, EG).

A espessura de grãos maiores que 2 mm (EG) foi determinada através da pesagem em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil) de 200 g da massa de grãos proveniente do campo e posterior peneiramento em peneira oblonga com orifícios de espessura de 2 mm de largura e novamente realizada a pesagem da amostra em balança, estimando-se assim a percentagem (%) grãos>2 mm.

O peso hectolitro (PH) foi mensurado a partir da pesagem em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil) de uma amostra de grãos > 2 mm contidos em um cubo com volume conhecido, através da utilização da balança para peso hectolitro Dalle Molle, tipo 40. O peso (g) obtido foi convertido (kg em 100 L) através da utilização da tabela específica para a cultura da aveia (BRASIL,2009).

O índice de descasque foi quantificado a partir do descasque manual uma amostra aleatória de 5 g de grãos>2 mm (casca + cariopse) seca em estufa a 60°C. Após descascados os grãos foram pesados novamente obtendo o peso de cariopse.

A massa de mil grãos foi mensurada a partir da contagem manual de 1000 grãos maiores>2 mm e posterior pesagem em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil). A produtividade de grãos foi estimada com base na produção do IC e da área total da subparcela, corrigindo o teor de água para 13%. Optou-se por calcular a produtividade de ambas as formas devido a ocorrência de granizo que atingiu o experimento no dia 10/11/2017, no entanto, o material para determinar o IC foi coletado anteriormente ao granizo.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A fim de verificar a homogeneidade de variâncias os dados foram submetidos ao teste de Levene ($p \geq 0,05$). Enquanto a normalidade foi constatada através do teste de Shapiro-Wilk ($p \geq 0,05$). Dados de notas em percentagem de intoxicação que não atenderam esses pressupostos da análise de variância foram submetidos a transformação por arco seno $(x/100)^{0,5}$.

Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (teste F), quando significativos, foram desdobrados pelo teste de tukey para tratamentos qualitativos e para tratamentos quantitativos utilizou-se análise de regressão a 5% de probabilidade de erro.

Os ajustes de regressão foram processados por meio do programa computacional SigmaPlot (Systat Software, versão 10.0, EUA), enquanto as demais análises foram efetuadas através do software R (R core team, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXPERIMENTOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

4.1.1 Trigo

Houve interação significativa ($P<0,05$) entre cultivares e doses para a variável intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (Tabela 4). Portanto, o nível de intoxicação das plantas de trigo foi dependente da cultivar e da dose de tembotrione (Figura 2).

Tabela 4 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione

F. V.	GL	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	1862***	1703***	1465***	1548***
Dose (D)	10	4368***	6042***	6008***	6775***
CxD	20	120***	90***	52**	62***
Resíduo	132	23	21	21	23
C.V. (%)	-	17,53	16,95	18,49	20,68

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; DAA: dias após a aplicação*** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

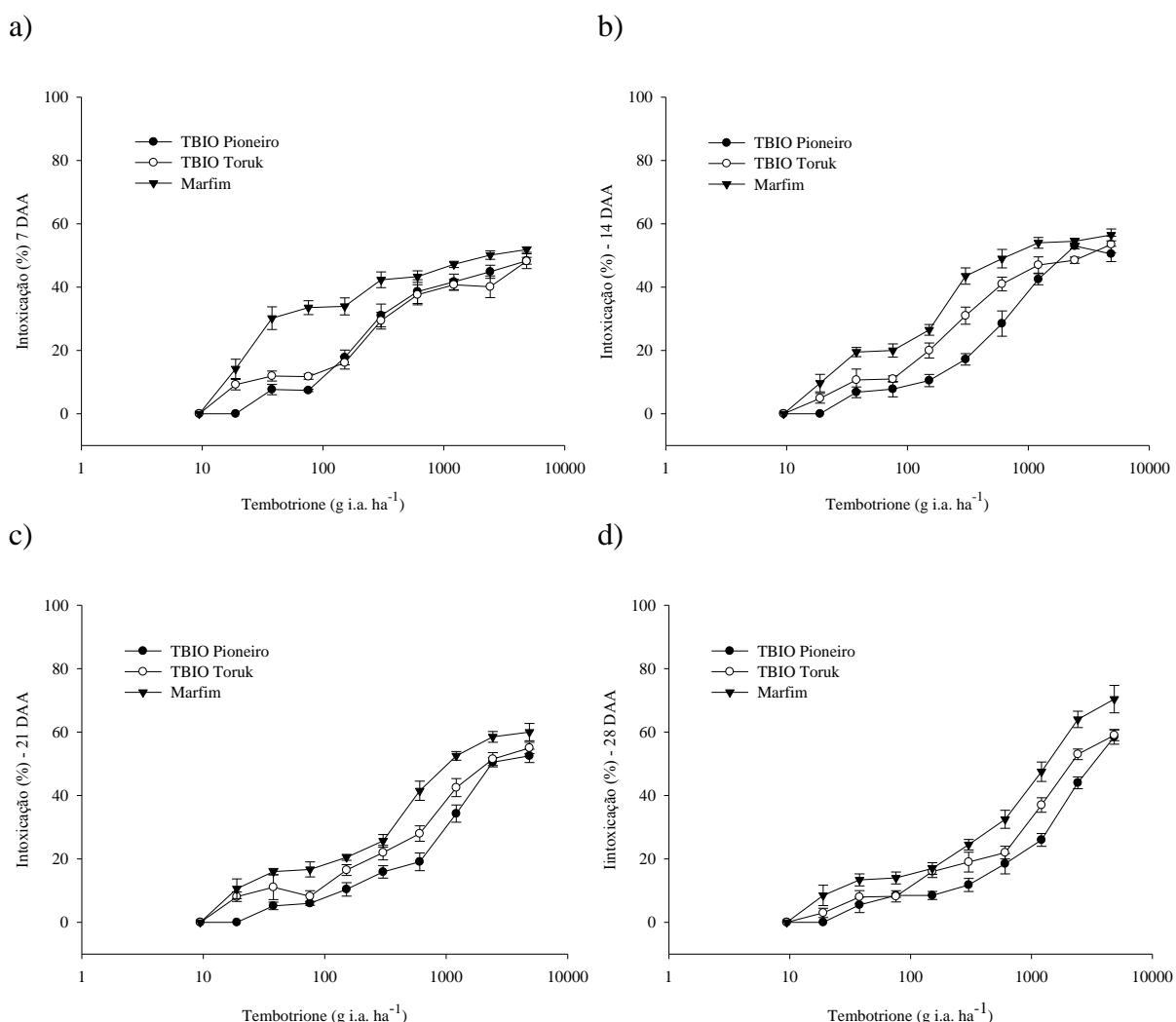
Aos 7 DAA, observou-se os primeiros sintomas de intoxicação nas plantas de trigo caracterizados pelo branqueamento dos tecidos jovens da planta típicos dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides, semelhante aos observados por Karam et al. (2003) e Cavalieri et al. (2008) no milho, Dan et al. (2010a) no milheto e por Wang et al. (2015) no trigo.

Não houve intoxicação das plantas com dose menores e iguais a 18,9 g i.a. ha^{-1} para ‘TBIO Toruk’ e ‘Marfim’ e 37,5 g i.a. ha^{-1} para ‘TBIO Pioneiro’ (Figura 2a). No entanto, o nível de intoxicação aumentou à medida que se aplicou doses mais altas de tembotrione em todas as cultivares. A intoxicação foi mais severa para ‘Marfim’ (15 a 43%) nas doses menores que 604,8 g i.a. ha^{-1} , quando comparada as outras cultivares (7 a 38%). O nível de intoxicação foi próximo entre as cultivares (48-51%) nas doses entre 1.209,6 e 4.838,4 g i.a. ha^{-1} de tembotrione. Dan et al. (2010a) submeteram a cultivar ADR-7010 de milheto a doses crescentes de tembotrione (0, 63, 126, 189 e 252 g i.a. ha^{-1}) em dois estádios diferentes, 4 e 7

folhas expandidas, onde os níveis de intoxicação foram maiores com aumento da dose atingindo níveis máximos de 63 e 54% respectivamente. Schmitz et al. (2015) estudando a seletividade do clomazone (herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides) em associação com o dietholate, identificaram que quanto maior a dose de clomazone maiores as injúrias causadas ao trigo.

Observou-se os primeiros sinais de recuperação das plantas aos 14 DAA. Houve redução dos sinais de intoxicação nas seguintes doses: 18,9 (4,3%) e 37,8 g i.a. ha^{-1} (1,02%) para a cultivar TBIO Toruk; 18,9 (5,5%), 37,8 (10,7%) e 151,2 g i.a. ha^{-1} (13,5%) para a cultivar Marfim; 37,8 (1,2%), 151,2 (1,4%) e 302,4 g i.a. ha^{-1} (7,8%) para a cultivar TBIO Pioneiro (Figura 2b). Os sinais de intoxicação aumentaram em doses maiores que as mencionadas acima, em todas as cultivares (Figura 2b).

Figura 2 - Intoxicação nas cultivares de trigo (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotriione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Dados semelhantes de recuperação de intoxicação foram verificados por Galon et al. (2015) em trigo ‘Quartzo’ e ‘Pioneiro’ sob aplicação de 800 mL ha⁻¹ de clomazone. Segundo os autores, as primeiras reduções de intoxicação ocorreram aos 14 DAA e foram mais expressivas aos 21 DAA. No entanto, Zagonel e Fernandes (2007) observaram sinais de intoxicação por tembotrione (100,8 e 126 g i.a. ha⁻¹) até 14 DAA em milho, não sendo mais visíveis após este período.

O processo de recuperação da intoxicação foi evidente aos 21 DAA. Os sinais de intoxicação reduziram, mas não se desapareceram, em doses menores que 1.209,6 g i.a. ha⁻¹, em todas as cultivares (Figura 2c). Os níveis de intoxicação aumentaram em doses maiores que as mencionadas acima em todas as cultivares (Figura 2c). Comportamento similar foi verificado por Dan et al. (2010a) no milheto (4 e 7 folhas expandidas) sob aplicação de doses crescentes de tembotrione (0, 63, 126, 189 e 252 g i.a. ha⁻¹) e por Galon et al. (2015) no trigo submetido a aplicação de clomazone.

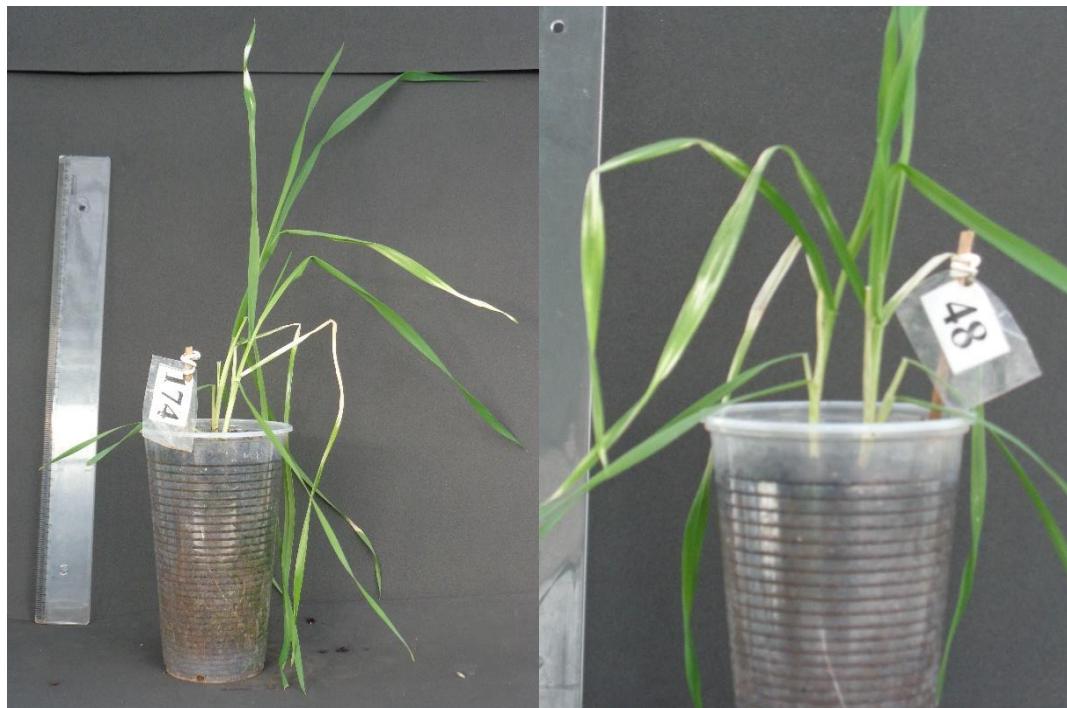
Visualmente a recuperação dos sintomas foi atestada pela emissão de novos tecidos e folhas sem os sinais de branqueamento (Figura 3), reduzindo as notas em percentagem atribuídas aos tratamentos. Os sinais de branqueamento derivam da degradação da clorofila pela luz, devido à ausência de carotenoïdes que atuam como pigmentos protetores. O herbicida atua inibindo a síntese de carotenoïdes após a aplicação, porém carotenoïdes sintetizados antes da aplicação, em geral, não afetados pelo herbicida fazendo que apenas tecidos jovens apresentem os sinais de branqueamento. (DAN HESS et al., 2000; GROSSMANN; EHRHARDT, 2007; HAWKES, 2007).

O processo de recuperação da intoxicação ocorreu também aos 28 DAA (Figura 2d). Os sinais de intoxicação reduziram em doses menores que 1.209,6 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione, em todas as cultivares (Figura 2c). Os níveis de intoxicação aumentaram nas doses de 2.429,2 e 4.838,4 g i.a. ha⁻¹ para todas as cultivares (Figura 2c). As cultivares Marfim, TBIO Toruk e TBIO Pioneiro apresentaram boa recuperação de injúrias nas doses inferiores a 151,2, 302,4 e 604,8 g i.a. ha⁻¹ respectivamente. Apresentaram níveis de intoxicação inferiores a 20% o que segundo conceitos propostos pela SBCPD (1995) são injúrias leves que não causariam reduções em produtividade.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares ao 0 DAA (tabela 5). Dentre as cultivares a ‘Marfim’ apresentou maior altura com 7,0 cm, seguida da ‘TBIO Toruk’ com 6,4 cm e por fim ‘TBIO Pioneiro’ com 6,1 cm (Tabela 6). Portanto havia uniformidade entre os tratamentos previamente a aplicação.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares e doses para a variável altura aos 7, 14 e 21 DAA (Tabela 5). Ou seja, a altura das plantas de trigo foi dependente da dose de tembotrione (Figura 4).

Figura 3 - Recuperação de sinais de intoxicação de tembotrione em trigo, Lages-SC



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Tabela 5 - Análise de variância (quadrado médio) da altura das plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA de três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione

F. V.	GL	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	11,352***	25,162***	19,832***	38,12***	156,52***
Dose (D)	10	0,612	2,014***	4,651***	26,98***	75,82***
CxD	20	0,143	0,114	0,199	1,070	8,45***
Resíduo	132	0,383	0,4	0,419	0,700	1,630
C.V. (%)		9,50	8,97	8,8	9,79	12,75

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; DAA: dias após a aplicação*** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Aos 7 DAA a maior altura foi apresentada pela cultivar Marfim (7,8 cm), seguida da cultivar TBIO Toruk (6,9 cm) e TBIO Pioneiro (6,4 cm) (Tabela 6). A altura das plantas foi reduzida em relação a testemunha (0 g i.a. ha^{-1}) pela aplicação de tembotrione (Figura 4a). As doses entre 9,45 e 302,4 g i.a. ha^{-1} não diferiram entre si e ocasionaram redução média de 7,2 %, enquanto nas doses de 604,8 a 4838,4 g i.a. ha^{-1} as reduções foram próximas a 14,3 %. Ou

seja, todas as doses de tembotrione causaram intoxicação nas plantas a ponto de reduzir sua altura.

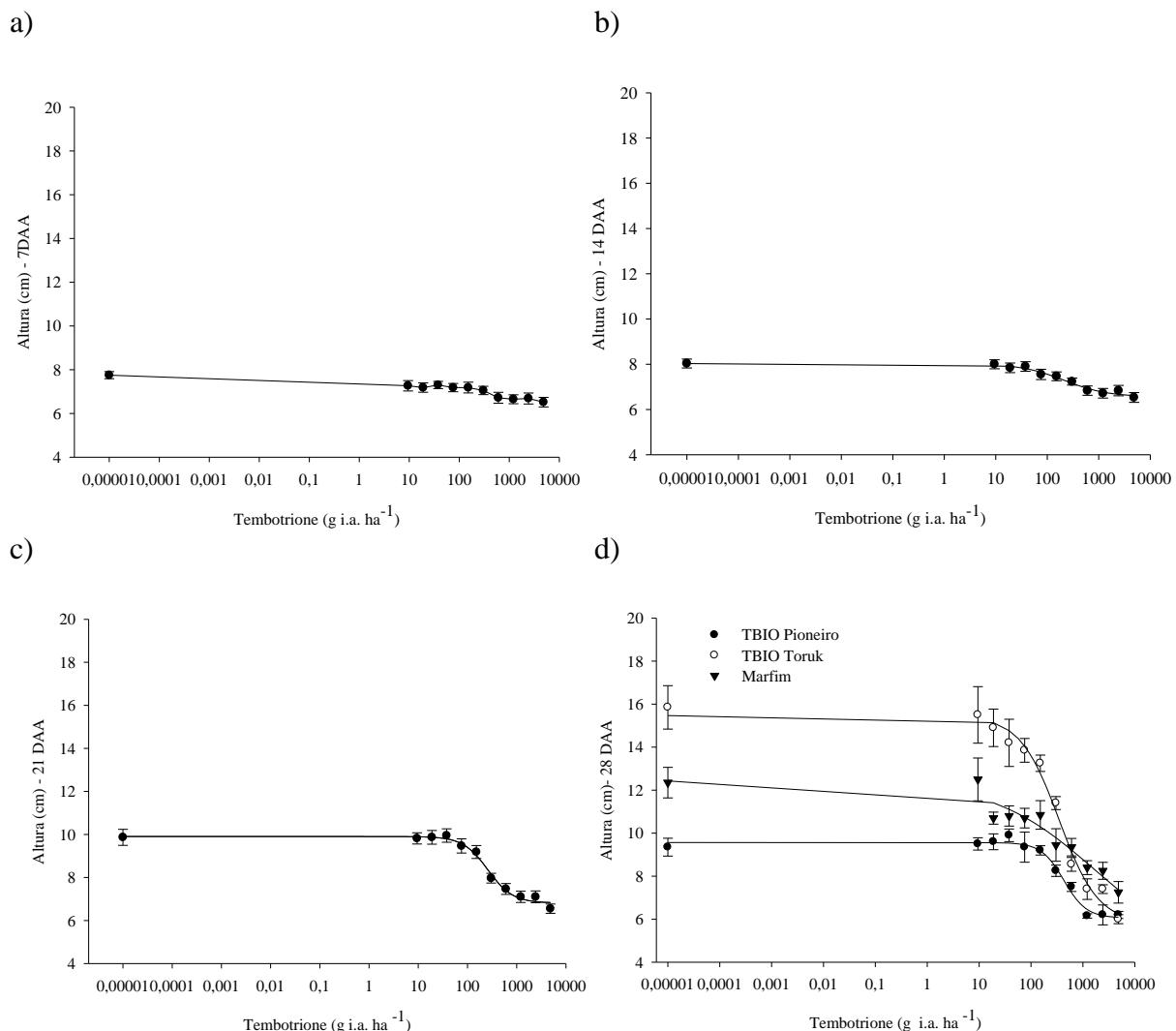
Tabela 6 - Altura de plantas (cm) aos 0, 7, 14 e 21 DAA em três cultivares de trigo, Lages – SC, 2017

Cultivar	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Marfim	7,0 a	7,8 a	7,9 a	9,1 a
TBIO Toruk	6,4 b	6,9 b	7,4 b	9,0 a
TBIO Pioneiro	6,1 c	6,4 c	6,7 c	7,6 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4 - Altura de plantas de trigo (cm) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Aos 14 DAA a altura foi superior na cultivar Marfim (7,9 cm), seguida da TBIO Toruk (7,4 cm) e TBIO Pioneiro (6,7 cm) (Tabela 6). A altura média das plantas variou entre 7,9 e 6,5 cm em função da aplicação de tembotrione (Figura 4b). Não houve reduções de altura em relação a testemunha em plantas que receberam de 9,45, 18,9 e 37,8 g i.a. ha^{-1} de tembotrione. Ou seja, as plantas restabeleceram seu crescimento nestas doses devido ao processo de recuperação da intoxicação. Processo este, evidenciado pela redução dos sinais de intoxicação aos 14 DAA. As reduções de altura em relação a testemunha iniciaram nas doses de 75,6 e 151,2 g i.a. ha^{-1} (6,5%), aumentaram na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} (10%) e se intensificaram nas doses entre 604,8 a 4.838,4 g i.a. ha^{-1} (16,2%).

Aos 21 DAA a altura de planta foi similar entre as cultivares Marfim (9,1 cm) e TBIO Toruk (9,0 cm) e menor na TBIO Pioneiro (7,6 cm). A altura média das plantas de trigo variou entre 9,9 e 6,5 cm com a aplicação de tembotrione (Figura 4c). A altura de plantas não foi alterada em relação a testemunha em doses menores e igual a 151,2 g i.a. ha^{-1} de tembotrione. As reduções na altura iniciaram a partir de 302,4 g i.a. ha^{-1} , dose superior aos observadas aos 7 (9,45 g i.a. ha^{-1}) e 14 DAA (37,5 g i.a. ha^{-1}). É provável que o reestabelecimento do crescimento seja resultado do processo de recuperação de intoxicação das plantas, já constatado para os sinais de intoxicação aos 21 DAA. Fikpe (2016) detectou redução na altura de plantas em relação a testemunha em todas as doses de tembotrione aplicada sobre o feijão aos 21 DAA, não relatando evidências de recuperação das plantas.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para interação entre cultivares e doses para variável altura aos 28 DAA (Tabela 6). Portanto a altura foi dependente da cultivar e da dose de tembotrione (Figura 4d).

A maior altura de planta foi mensurada na cultivar TBIO Toruk (15,8 cm) e não foi reduzida significativamente até a dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} . Nesta cultivar a redução de altura variou entre 16,41 % (151,2 g i.a. ha^{-1}) a 62,2 % (4.838,4 g i.a. ha^{-1}) em relação a testemunha. Para a 'Marfim' a redução na altura das plantas em relação a testemunha (12,4 cm) ocorreu em dose igual e maiores que 18,9 g i.a. ha^{-1} , variando entre 13,4 e 41,3%. A TBIO Pioneiro apresentou a menor altura de plantas entre as cultivares com 9,4 cm (testemunha), a qual não foi alterada em doses menores e equivalente a 151,2 g i.a. ha^{-1} . Houve redução de altura entre 11,8% a 33,7% para doses maiores que a citada acima.

De maneira geral, a cultivar Marfim (18,9 g i.a. ha^{-1}) iniciou a redução de altura em dose menor de tembotrione, quando comparada as cultivares TBIO Toruk (75,6 g i.a. ha^{-1}) e TBIO Pioneiro (151,2 g i.a. ha^{-1}). As reduções de altura ocasionadas a aplicação doses maiores de tembotrione foram mais severas para a cultivar TBIO Toruk, seguida da Marfim e

menos acentuada para a TBIO Pioneiro. Portanto as cultivares de trigo toleraram doses de tembotrione sem que sua altura fosse reduzida. Diferentemente do relatado por Dan et al. (2010a) no milheto. Esses autores identificaram redução da altura aos 45 DAA das plantas milheto em todas as doses (0, 63, 126, 189 e 252 g i.a. ha^{-1}) de tembotrione aspergidas. Reduções de altura foram observadas também por Fipke (2016) na cultura do feijão submetida a (0; 10,5; 21,0; 31,5; 42,0; 52,5 e 105,0 g i.a. ha^{-1}) aos 14 e 21 DAA.

Tabela 7 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta do trigo aos 14 e 21 DAA a aplicação de tembotrione

DAA	Parâmetros da Equação ¹					
	C	A	G	B	R ²	P
14	6,55	1,47	212,56	1,71	0,96	<0,0001
21	6,81	3,08	258,81	1,71	0,98	<0,0001

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

¹ Equação de regressão: $y = c + a / [1 + (x/g)^b]$, onde c é o valor mínimo de massa fresca, a é a amplitude o valor máximo de massa fresca, g é o ponto de inflexão da curva (representa a dose de herbicida requerida para reduzir a massa fresca em 50% - EC50) e b é a inclinação da curva; R² é coeficiente de determinação e P indica a significância do teste de F para análise de regressão não linear.

Tabela 8 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta das cultivares trigo aos 28 DAA a aplicação de tembotrione

Cultivar	Parâmetros da Equação ¹					
	C	A	G	B	R ²	P
TBIO Pioneiro	6,06	3,50	428,51	1,99	0,97	<0,0001
TBIO Toruk	5,81	9,65	345,29	1,15	0,98	<0,0001
Marfim	4,15	8,28	1708,81	0,45	0,90	0,0002

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

¹ Equação de regressão: $y = c + a / [1 + (x/g)^b]$, onde c é o valor mínimo de massa fresca, a é a amplitude o valor máximo de massa fresca, g é o ponto de inflexão da curva (representa a dose de herbicida requerida para reduzir a massa fresca em 50% - EC50) e b é a inclinação da curva; R² é coeficiente de determinação e P indica a significância do teste de F para análise de regressão não linear.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares e doses para a variável número de folhas, aos 14 e 28 DAA (Tabela 9). Portanto o número de folhas foi dependente da dose de tembotrione (Figura 5).

Aos 14 DAA, o número de folhas apresentado pela cultivar Marfim (4,7) não diferiu das cultivares TBIO Pioneiro (4,9) e TBIO Toruk (4,6) que apresentaram o maior e menor número de folhas respectivamente (Tabela 10). O número de folhas não foi alterado em relação a testemunha até a dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} de tembotrione (Figura 5a). Houve reduções no número de folhas entre 11 a 14% em relação a testemunha nas doses entre 604,8

e 4.838,6 g i.a. ha^{-1} . Fikpe (2016) relata que número de folhas de feijão foi reduzido com aumento das doses de tembotrione aos 14 DAA.

Tabela 9 - Análise de variância (quadrado médio) do número de folhas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione

F. V.	GL	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	0,032	0,041	1,165***	6,806***	11,486***
Dose (D)	10	0,047	0,036	1,578***	5,981***	9,780***
CxD	20	0,023	0,054	0,123	0,768**	0,568
Resíduo	132	0,034	0,046	0,144	0,316	0,380
C.V. (%)		6,2	5,34	7,92	9,65	9,04

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; DAA: dias após a aplicação*** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Tabela 10 - Número de folhas aos 14 e 28 DAA em três cultivares de trigo, Lages - SC, 2017

Cultivar	14 DAA	28 DAA
TBIO Pioneiro	4,9 a	7,3 a
Marfim	4,7 ab	6,5 b
TBIO Toruk	4,6 b	6,6 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

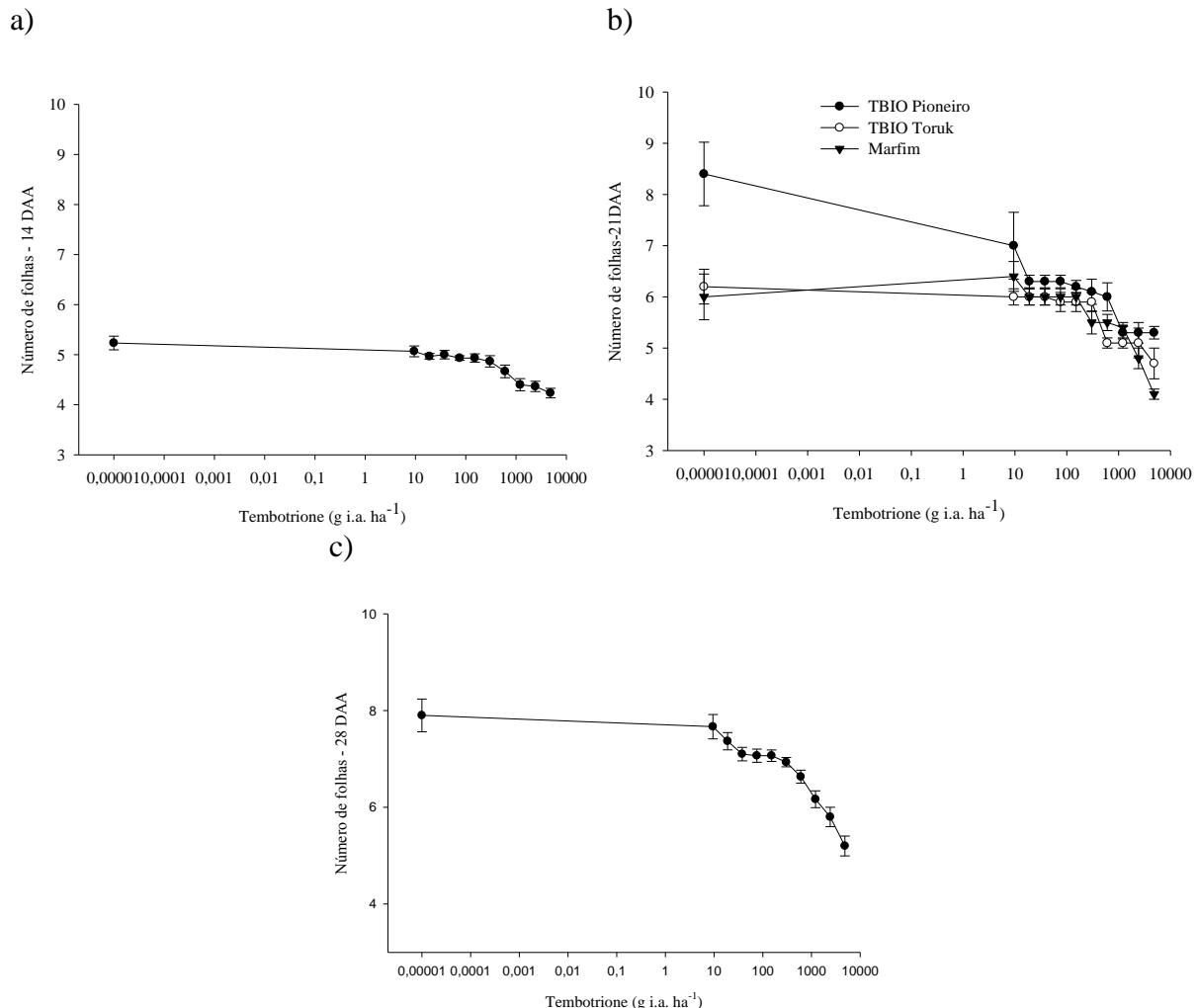
Aos 21 DAA houve efeito significativo ($P<0,05$) de interação entre cultivares e doses de tembotrione para o número de folhas (Tabela 9). Portanto, o número de folhas foi dependente da cultivar e da dose de tembotrione (Figura 5b).

O maior número de folhas independente da dose de tembotrione dentre as cultivares foi constatado na ‘TBIO Pioneiro’. Houve início da redução no número de folhas em relação a testemunha nas doses: 18,9 g i.a. ha^{-1} para cultivar TBIO Pioneiro (25%), 604,8 g i.a. ha^{-1} na cultivar TBIO Toruk (20%) e 1.209,6 g i.a. ha^{-1} na cultivar Marfim (10%). As reduções foram maiores com o aumento das doses citadas acima para todas as cultivares (Figura 5b).

Aos 28 DAA, a cultivar TBIO Pioneiro apresentou o maior número de folhas (7,3) quando comparada as cultivares Marfim (6,5) e TBIO Toruk (6,6) (Tabela 10). O número de folhas foi também determinado pela dose de tembotrione. Doses maiores e iguais a 37,8 g i.a. ha^{-1} reduziram o número médio de folhas quando comparado as plantas que não foram aspergidas com o herbicida (Figura 5c). De maneira geral, a partir da primeira dose tóxica a redução do número de folhas no trigo foi maior (11 a 34,2 %) à medida que se aumentou a dose de tembotrione.

Para a variável número de folhas os efeitos tóxicos iniciaram aos 14 DAA e se postergaram até o final das avaliações. O número de folhas foi reduzido primeiramente por doses maiores que 151,2 g i.a. ha^{-1} . O efeito das doses menores foi quantificado apenas aos 21 e 28 DAA. Para esta variável não foi constatado o sintoma de recuperação. Diferentemente dos resultados obtidos por Fipke (2016) que detectou aos 28 DAA a recuperação na emissão de folhas no feijoeiro submetido a diferentes doses de tembotrione (0; 10,5; 21,0; 31,5; 42,0; 52,5 e 105,0 g i.a. ha^{-1}). No entanto, o número de folhas do feijão foi reduzido por todas as doses de tembotrione aspergidas, diferentemente do trigo que só foi afetado por dose igual e superiores a 18,9 g i.a. ha^{-1} .

Figura 5 - Número de folhas de trigo aos 14 (a), 21 (b) e 28 (c) em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Para a variável área foliar (cm^2) determinada ao final do experimento (28 DAA) houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivar e dose (Tabela 11). Portanto a área foliar foi dependente da dose de tembotrione (Figura 6a).

A maior área foliar foi apresentada pela cultivar TBIO Pioneiro ($58,96 \text{ cm}^2$), seguida da Marfim ($43,88 \text{ cm}^2$) e TBIO Toruk ($38,57 \text{ cm}^2$) (Tabela 12). As três cultivares apresentaram comportamento semelhante frente aos tratamentos (Figura 6a). A área foliar fotossinteticamente ativa foi reduzida em relação a testemunha quando submetida a doses maiores que $151,2 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de tembotrione. As reduções foram maiores (19 a 68%) com aumento da dose citada anteriormente.

Silva et al. (2016b) destaca que a redução da área foliar pode ocasionar reduções nas taxas fotossintéticas da planta, fato que pode afetar negativamente o desenvolvimento da cultura, devido a menor produção de fotoassimilados. Isto pode ocorrer porque as folhas são os órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética segundo Benincasa (1988).

Tabela 11 - Análise de variância (quadrado médio) da área foliar (cm^2) e massa seca (g) aos 28 DAA em três cultivares de trigo e onze doses de tembotrione

F. V.	GL	Área foliar	Massa seca
Cultivar (C)	2	6157***	14956*
Dose (D)	10	3815***	312575***
CxD	20	134	7323
Resíduo	132	97	4529
C.V. (%)		20,88	19,83

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; DAA: dias após a aplicação*** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Tabela 12 - Área foliar (cm^2) e massa seca (mg) aos 28 DAA DAA em três cultivares de trigo, Lages – SC, 2017

Cultivar	Área foliar (cm^2)	Massa seca (mg)
TBIO Pioneiro	58,96 a	341,0 ab
Marfim	43,88 b	321,7 b
TBIO Toruk	38,57 c	354,4 a

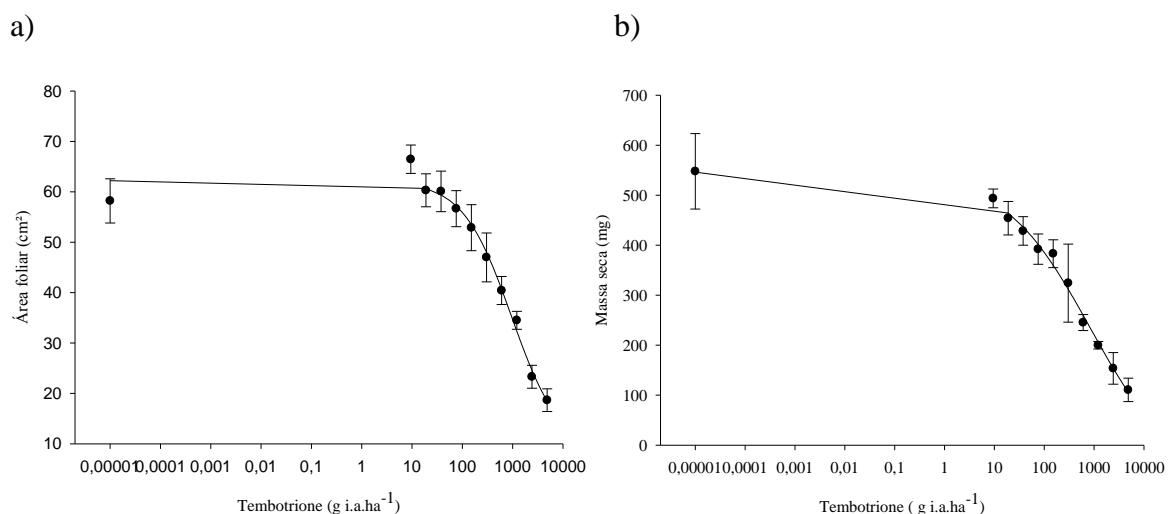
Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para cultivares e doses para a massa seca avaliada aos 28 DAA (Tabela 11). Portanto, a massa seca foi dependente da dose de tembotrione (Figura 6b).

O acúmulo massa seca na cultivar Marfim (341,0 g) não diferiu estatisticamente das cultivares TBIO Toruk (354,4 g) e TBIO Pioneiro (321,7 g) que apresentaram o maior e menor acúmulo respectivamente (Tabela 12). Houve redução de massa seca em relação a testemunha em decorrência da aplicação de 37,8 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione (Figura 6b). A redução de massa aumentou com exposição das plantas as doses maiores que as mencionadas acima, chegando a 80%.

Figura 6 - Área foliar (a) e massa seca (b) de trigo aos 28 DAA em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Tabela 13 - Parâmetros da equação usada para estimar a resposta da área foliar (cm²) e massa seca do trigo aos 28 DAA de tembotrione

Variável	Parâmetros da Equação ¹					
	C	A	G	B	R ²	P
Área foliar	8,46	53,75	944,49	0,89	0,97	<0,0001
Massa seca	87,93	623,48	838,00	0,49	0,99	<0,0001

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

¹ Equação de regressão: $y = c + a / [1 + (x/g)^b]$, onde c é o valor mínimo de massa fresca, a é a amplitude o valor máximo de massa fresca, g é o ponto de inflexão da curva (representa a dose de herbicida requerida para reduzir a massa fresca em 50% - EC50) e b é a inclinação da curva; R² é coeficiente de determinação e P indica a significância do teste de F para análise de regressão não linear.

De acordo com a análise regressão, a dose requerida para reduzir 50% no acúmulo de massa seca (EC50) foi na ordem de 838,0 g i.a. ha⁻¹, a partir desta dose as plantas sofrem danos irreversíveis que afetam seu crescimento e desenvolvimento. Abit et al (2009) constataram que todos os 85 híbridos de sorgo avaliados obtiveram reduções significativas no acúmulo de massa seca após a exposição ao mesotrione – herbicida de mesmo mecanismo de ação e grupo químico que o tembotrione (MITCHELL et al., 2001). Reduções no acúmulo de

massa seca em relação a testemunha foram observadas também por Dan et al. (2010a) e Fikpe (2016) na cultura do milheto e no feijão respectivamente, quando aspergidos com doses crescentes de tembotrione. Carvalho Dias et al. (2015) detectaram redução no acúmulo da massa seca no milheto pela aplicação de 40 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione.

As cultivares de trigo apresentaram intoxicação diferencial frente ao tembotrione, mas não se reflete no crescimento e acúmulo massa das plantas. A massa seca é a variável mais importante em testes de dose-resposta para identificar biótipos suscetíveis e resistentes a herbicidas. Porque o principal objetivo desse tipo de experimento é identificar a dose do herbicida que promove 50% de controle (C₅₀ ou DL₅₀) ou redução da massa (GR₅₀) nos biótipos (CHRISTOFFOLETI, 2002; BURGOS et al., 2013).

De maneira geral, a doses menores e igual a 18,9 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione não causaram intoxicações severas nas plantas, alterações na massa seca e demais variáveis mensuradas em relação a testemunha, sendo tolerada pelo trigo. Observa-se que dose igual e superiores a 37,8 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione proporcionam reduções no acúmulo de massa seca, redução do número de folhas (14 e 28 DAA) e altura das plantas (14 DAA), não sendo tolerada pelas cultivares estudadas. Dose inferior a obtida por Wang et al. (2015) de 150 g i.a. ha⁻¹ da nova molécula (nome não divulgado) desenvolvida e testada por eles, pertencente ao grupo tricetonas sob a cultura do trigo. Estudos de novas formulações e seletividade de moléculas pertencente a este mecanismo de ação têm sido intensificados, devido ao potencial de seletividade e eficiência de controle nas culturas. Em cereais de inverno, o potencial de utilização é reforçado pela aplicação de herbicidas que possui em sua formulação o pyrasulfotole (inibidor de HPPD) pertencente ao grupo químico das tricetonas utilizados na Austrália, África do Sul, Canadá e Estados Unidos (AHRENS et al., 2013; NDIKUKYAYO, 2017).

A dose de 18,9 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione tolerada pelas cultivares de trigo é inferior a recomenda para utilização no controle de plantas daninhas no milho que varia de 75,6 a 100,8 g i.a. ha⁻¹ (BAYER, 2007). Provavelmente o controle de plantas daninhas não é eficiente nesta dose devido a baixa concentração de ingrediente ativo, indicando que o tembotrione não é seletivo a cultura do trigo em doses potenciais de controle. Porém, a cultura mostra um potencial de recuperação observado nos níveis de intoxicação e na altura de plantas intrínseco da espécie. Essa recuperação não foi suficiente para evitar reduções no número de folhas e acúmulo de massa seca, mas que pode ser melhorada pela adição de protetores, sugerindo novos estudos. Essa hipótese é reforçada por Lindell et al. (2015) durante uma revisão de literatura em que os autores identificam que os herbicidas inibidores de HPPD com adição de

protetores é a revolução no manejo de plantas daninhas no século XXI nos cereais, devido a sua alta seletividade e eficiência do controle de plantas daninhas inclusive naquelas resistentes a outros mecanismos de ação.

4.1.2 Aveia

Houve interação significativa ($P<0,05$) entre cultivares e doses para a variável intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (Tabela 14). Portanto, o nível de intoxicação das plantas de trigo foi dependente da cultivar e da dose de tembotrione (Figura 7).

Aos 7 DAA, foram observados os primeiros sinais de intoxicação nas plantas de aveia. Visualmente as plantas apresentavam os sinais de branqueamento/albinismo nas folhas jovens que foram emitidas após a aplicação do tembotrione (Figura 8). Os sinais são compatíveis com os descritos por Freitas et al. (2009) em milho-pipoca, Silveira et.al. (2012) em mandioca, Arantes et al. (2015) em algodão estudando herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides. O branqueamento ocorre porque herbicidas inibem a síntese de carotenoides, os quais são responsáveis por proteger a clorofila da fotodegradação (ZERA et al., 2011). Sem a presença de carotenoides o excesso energia absorvido pela planta não é dissipado causando a foto-oxidação da clorofila, levando a descoloração da folha pela degradação dos pigmentos verdes (ABENDROTH et al., 2006).

Tabela 14 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione

F.V.	GL	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	15,04***	34,49***	39,40***	36,19***
Dose (D)	10	73,33***	74,92***	83,28***	110,97***
CxD	20	3,46***	4,26***	3,22***	2,73***
Resíduo	132	0,280	0,170	0,280	0,400
C.V. (%)	-	12,07	8,68	11,37	13,73

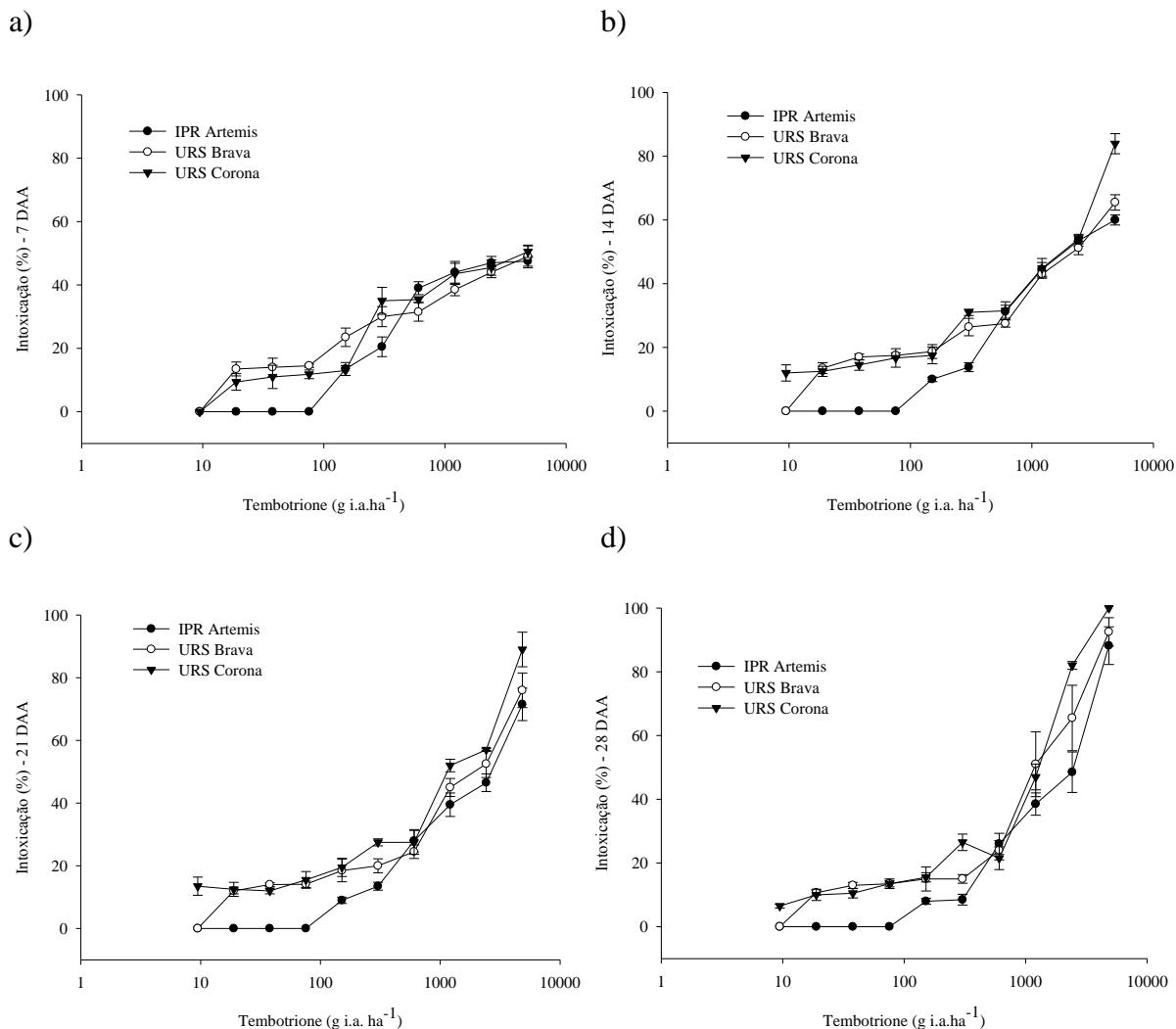
Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

No entanto, na aveia os sinais ocorreram de duas formas distintas, pelo branqueamento de todo o tecido (Figura 8a) e por manchas brancas delimitadas sob a o tecido verde jovem

(Figura 8b). As ‘manchas brancas’ não são relatadas na literatura e não foram observadas no experimento com trigo conduzido concomitantemente. Os sinais tipicamente citados consistem no branqueamento total do tecido emitido após a aplicação dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides em plantas suscetíveis. Posteriormente os tecidos se tornam necróticos levando a planta a morte devido ao estresse oxidativo que destroem as membranas celulares (DAN HESS, 2000; SENSEMAN, 2007; VARGAS; ROMAN, 2008).

Figura 7 - Intoxicação nas cultivares de aveia (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotriione



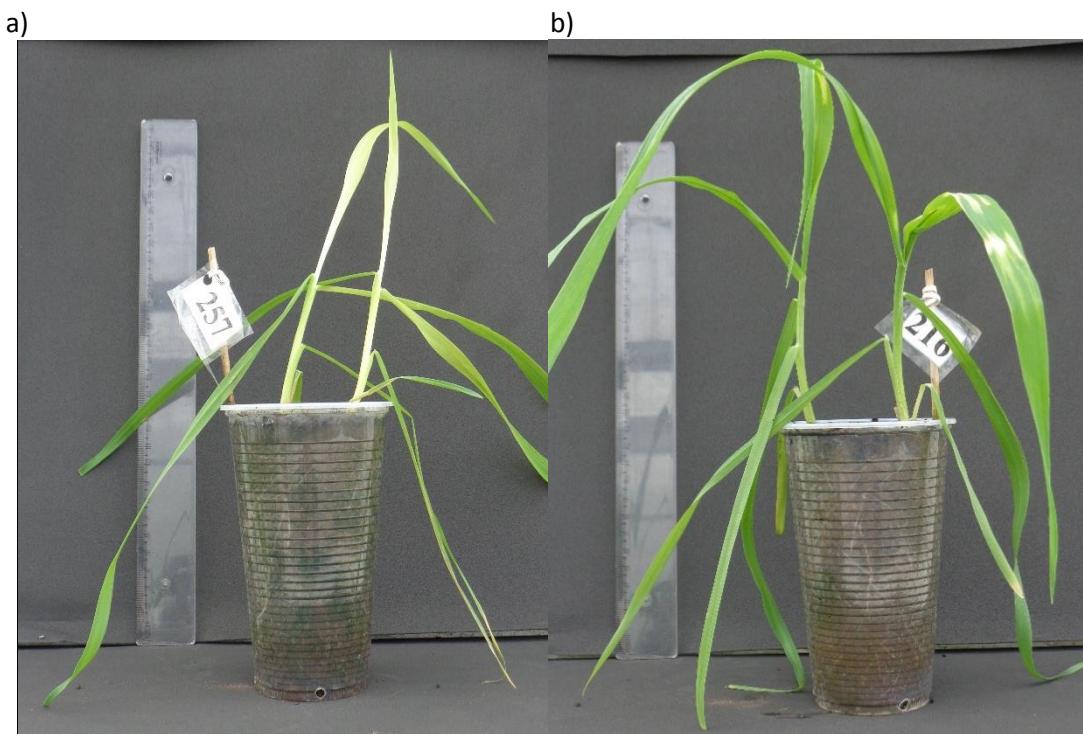
Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Aos 7 DAA, não houve intoxicação em doses menores que 18,9 g i.a. ha⁻¹ na URS Brava e URS Corona e 151,2 g i.a. ha⁻¹ na IPR Artemis (Figura 7a). No entanto, o nível de intoxicação aumentou à medida que se aplicou doses maiores de tembotriione em todas as cultivares (Figura 7a). Cunha et al. (2016) observaram no sorgo que os níveis de intoxicação

foram maiores com aumentos das doses de tembotriione (0; 44,1; 88,2; 132,3 e 176,4 g i.a. ha^{-1}), variando entre 30 a 66,7% aos 8 DAA.

Aos 14 DAA, visualizou-se sinais de intoxicação na dose de 9,45 g i.a. ha^{-1} na cultivar URS Corona. Observou-se os primeiros sinais de recuperação de plantas nas cultivares IPR Artemis e URS Brava nas doses de 151,2; 302,4 e 604,8 g i.a. ha^{-1} tembotriione. Os níveis de intoxicação aumentaram para cultivar URS Corona e doses não citadas acima (Figura 7b). A recuperação dos sinais ocorreu em doses e períodos diferentes entre as cultivares. Fato este observado por Ferreira et al. (2012), de quatro cultivares cana-de-açúcar aspergidos com 105,0 g i.a. ha^{-1} de tembotriione, onde apenas uma cultivar mostrou sinais de recuperação aos 14 DAA. As demais apresentaram aumento nos níveis de intoxicação. No entanto, DAN et al. (2010a) observaram redução dos níveis de intoxicação aos 14 DAA em três cultivares de sorgo aspergidas com 75,5 g i.a. ha^{-1} de tembotriione.

Figura 8 - Comparação de sintomas de intoxicação por tembotriione em aveia 7 DAA, Lages-SC, 2017



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Os níveis de intoxicação entre cultivares é menor na ‘IPR Artemis’ até 302,4 g i.a. ha^{-1} de tembotriione. Nas doses maiores os valores são semelhantes entre as cultivares exceto pela de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} que apresenta 82% para URS Corona, 68% para URS Brava e 60% para IPR Artemis.

Os sinais de recuperação foram evidenciados aos 21 DAA principalmente, para todas as cultivares (Figura 7c). A redução dos níveis de intoxicação ocorreu em doses entre 302,4 e 604,8 g i.a. ha^{-1} na URS Corona, 18,9 a 604,8 g i.a. ha^{-1} na URS Brava e 151,2 a 2.419,2 g i.a. ha^{-1} na IPR Artemis. Houve aumento nos níveis de intoxicação nas doses maiores que as citadas acima para todas as cultivares. Visualmente a recuperação da intoxicação foi constatada pela emissão de novos tecidos com pouco ou nenhum sinal de branqueamento (Figura 9), reduzindo as percentagens são atribuídas ao tratamento.

A recuperação de sintomas aos 21 DAA foi evidenciada também por DAN et al. (2010b) na cultura do sorgo granífero aspergida com 0, 42, 88, 126 e 168 g i.a. ha^{-1} de tembotrione em três estádios diferentes: três, cinco e oito folhas expandidas. Enquanto Teixeira et al. (2017) identificaram a recuperação dos sintomas apenas 35 DAA em cinco cultivares de sorgo sacarino submetidos a aplicação de 100 g i.a. ha^{-1} de tembotrione.

Figura 9 - Recuperação de sintomas de intoxicação de tembotrione em aveia 21 DAA, Lages-SC, 2017



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Aos 28 DAA, observou-se sinais de recuperação em todas as cultivares e em doses menores que 2.419,2 g i.a. ha^{-1} de tembotrione (Figura 7d). As maiores intoxicações foram observadas para todas as cultivares na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} , correspondendo a 88% na

IPR Artemis, 92,5 % na URS Brava e ocasionaram a morte das plantas na URS Corona (100%). A recuperação de sintomas aos 28 DAA não foi observada Carvalho Dias et al. (2017) em crotalária aspergida com 40 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione, 60 g i.a. ha⁻¹ mesotriione ou 400 g i.a. ha⁻¹ de clomazone que também são herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

Níveis de intoxicação menores que 20% foram detectados em doses menores a 151,2 g i.a. ha⁻¹ na URS Corona e 302,4 g i.a. ha⁻¹ na IPR Artemis e URS Brava. Segundo a escala proposta pela SBCPD (1995) danos menores que 20% não devem causar reduções significativas de produtividade, permitindo a utilização do herbicida na cultura. Já intoxicação entre 40 e 100% observados nas doses maiores que as citadas acima causam danos drásticos a cultura, a recuperação é lenta e pode causar a morte das plantas.

As cultivares de aveia apresentaram intoxicação diferencial as doses de tembotrione. Identificada inicialmente pela primeira dose tóxica que foi de 9,45 g i.a. ha⁻¹ para a cultivar URS Corona, 18,9 g i.a. ha⁻¹ para a URS Brava e 151,2 g i.a. ha⁻¹ para IPR Artemis. Durante as avaliações a IPR Artemis apresentou os menores níveis de intoxicação para todos os tratamentos, enquanto URS Brava e Corona apresentaram níveis semelhantes entre si (Figura 7). O processo de recuperação ocorreu nas três cultivares iniciando aos 14 DAA, mas foi evidenciada aos 21 e 28 DAA principalmente.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para a variável de altura de plantas aos 0 DAA para cultivares, aos 14 DAA para cultivares e doses e aos 7, 21 e 28 DAA para interação entre cultivares e doses (Tabela 15). Ou seja, a altura de plantas foi dependente da cultivar e da dose de tembotrione (Figura 10).

Tabela 15 - Análise de variância (quadrado médio) da altura das plantas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA de três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione

F.V.	GL	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	94,63***	119,17***	137,31***	361,9***	333,5***
Dose (D)	10	0,81	2,95***	4,09***	51,1***	132,5***
CxD	20	1,26	1,63**	1,43	5,9***	8,4*
Resíduo	132	1,09	0,72	0,92	2,2	4,6
C.V. (%)		11,51	8,94	9,87	12,3	15,18

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Aos 0 DAA a maior altura foi mensurada na cultivar URS Brava (10,5 cm), seguida da URS Corona (8,6 cm) e IPR Artemis (8,0 cm) (Tabela 16). Nota-se que as cultivares possuem alturas diferentes, mas apresentam uniformidade entre os tratamentos.

Tabela 16 - Altura de plantas (cm) aos 0, 7, 14 e 21 DAA em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017

Cultivar	0 DAA	14 DAA
IPR Artemis	8,0 c	8,4 c
URS Brava	10,5 a	11,4 a
URS Corona	8,6 b	9,3 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

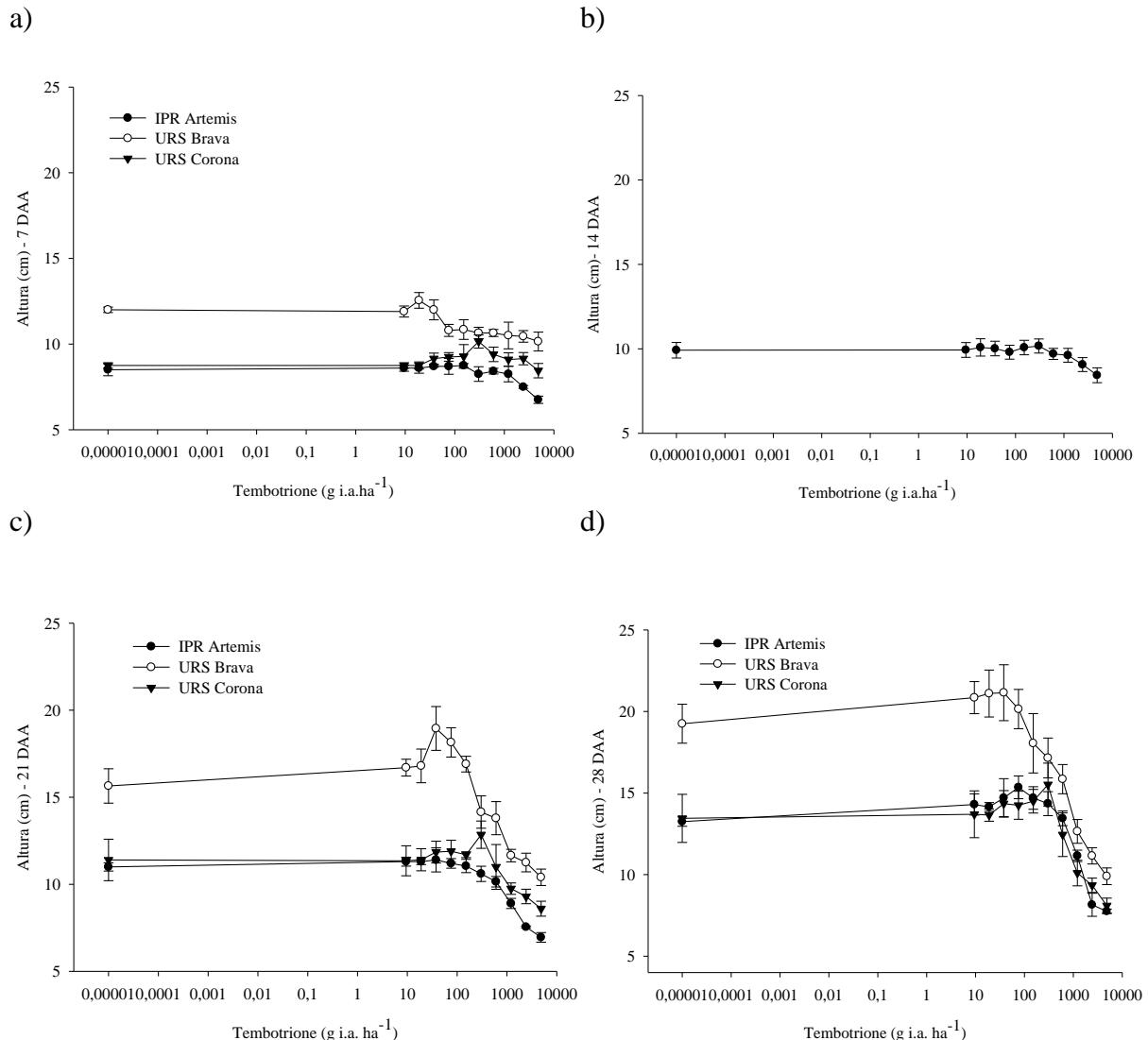
Aos 7 DAA, houve aumentos e reduções de altura em relação a testemunha para todas as cultivares que receberam aplicação de tembotrione (Figura 10a). A maior altura foi quantificada na dose de 18,9 g i.a. ha^{-1} (12,5 cm) na URS Brava, 151,2 g i.a. ha^{-1} na IPR Artemis (8,8 cm) e na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} (10,2 cm) na URS Corona, correspondendo a aumentos em relação a testemunha (12,0, 8,5 e 8,8 cm) de 4,3, 2,9 e 16,0% respectivamente. As reduções de altura iniciaram na dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} para URS Brava e na dose 2.419,2 g i.a. ha^{-1} para IPR Artemis. As reduções foram maiores para ambas cultivares a medida que se aumentou as doses de tembotrione citadas anteriormente. A menor altura foi detectada na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} que proporcionou reduções de 15,4 % na URS Brava (10,2 cm) e 20,6% na IPR Artemis (6,5 cm). Para a URS Corona não houve reduções de altura em relação a testemunha.

Aos 14 DAA a cultivar URS Brava apresentou a maior altura de plantas com 10,5 cm, seguida da URS Corona 8,6 cm e da IPR Artemis com 8,0 cm (Tabela 16). O comportamento entre as cultivares foi semelhante, houve aumentos e reduções na altura das plantas pela aplicação de tembotrione (Figura 10b). A dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} proporcionou incrementos de 1,6% (10,2 cm), enquanto a dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} provocou redução equivalente 4,5 % (8,4 cm) em relação as plantas que não receberam aplicação de tembotrione (9,9 cm).

Aos 21 DAA houve aumentos e reduções na altura de plantas em relação a testemunha para todas as cultivares pela aplicação de tembotrione (Figura 10c). A maior altura foi mensurada na dose de 37,8 g i.a. ha^{-1} para as cultivares URS Brava (19,0 cm) e IPR Artemis (11,4 cm) e na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} para URS Corona (12,8 cm) correspondendo a incrementos de 21,1, 3,6 e 12,7 % respectivamente em relação a testemunha (15,7, 11,0 e 11,4

cm). As reduções de altura iniciaram na dose 604,8 g i.a. ha^{-1} para IPR Artemis e 1.209,6 g i.a. ha^{-1} para URS Brava e URS Corona. As reduções foram maiores para todas as cultivares com o aumento das doses citadas acima. A menor altura foi constatada na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} para todas as cultivares, resultando em reduções de 33,0, 36,9 e 14,6 % para URS Brava (10,4 cm), IPR Artemis (6,7 cm) e URS Corona (8,6 cm) respectivamente.

Figura 10 - Altura de plantas de aveia (cm) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) DAA em função das doses de tembotriione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Aos 28 DAA ocorreu aumentos e reduções de altura em relação a testemunha em todas as cultivares pela aplicação de tembotriione (Figura 10d). Houve aumentos na altura de plantas de 9,8 % na dose de 37,8 g i.a. ha^{-1} na URS Brava, 15,7% na dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} na IPR Artemis e de 15,4% na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} na URS Corona. As reduções na altura das

plantas iniciaram pela aplicação de 604,8 i.a. ha⁻¹ na URS Brava e de 1.209,6 i.a. ha⁻¹ na URS Corona e IPR Artemis. As menores alturas foram constatadas na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹ para as cultivares URS Brava (9,9 cm), IPR Artemis (7,8 cm) e URS Corona (8,1 cm) que apresentaram 48,6, 41,5 e 40% de redução em relação a testemunha (13,2, 19,2 e 13,4 cm) respectivamente.

As cultivares de aveia apresentaram intoxicação diferencial as doses de tembotrione que refletiram no seu crescimento. Em todos os períodos de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA) houve aumentos e reduções de altura em relação a testemunha para todas as cultivares (Figura 10). As doses que proporcionaram aumentos de altura foram variáveis entre cultivares. Para a URS Brava e IPR Artemis iniciaram em 18,9 e 151,2 g i.a. ha⁻¹ respectivamente aos 7 DAA, passando para 37,8 g i.a. ha⁻¹ aos 21 DAA e finalizando com 37,8 e 75,6 g i.a. ha⁻¹ aos 28 DAA. O aumento da dose aos 21 (URS Brava) e 28 DAA (IPR Artemis) indicaram a recuperação do crescimento das plantas, processo esse constatado na intoxicação de plantas. A URS Corona apresentou o maior incremento de altura na dose de 302,4 g i.a. ha⁻¹ em todos os períodos. Não houve redução de altura das plantas nas cultivares em relação a testemunha nas doses inferiores a 604,8 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione, indicando a tolerância da cultura frente a esta variável. A maior redução de altura ocorreu para todas as cultivares na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹ independente do período de avaliação.

Diferentemente da aveia que apresentou aumentos e reduções de altura de plantas pela aplicação de tembotrione, o milheto (DAN et al., 2010a), sorgo (DAN et al., 2010b) e o feijão (FIKPE, 2016) apresentaram apenas reduções de altura em relação a testemunha quando submetidas a doses crescentes de tembotrione.

O incremento de altura em relação a testemunha constatado na aveia foi decorrente do tratamento, ou seja, da aspersão de baixas doses de tembotrione sobre as plantas que acarretaram em um estímulo de crescimento, provavelmente efeito de hormese. Tiburcio et al. (2012) afirmam que plantas de eucalipto que foram aspergidas com de 3,02, 6,04 e 12,09 g i.a. ha⁻¹ tembotrione apresentaram incremento de altura quando comparada a testemunha, fenômeno esse atribuído a “hormese”.

A hormese também conhecida como *hormesis* ou efeito homético, é caracterizada pela utilização de substâncias que são consideradas tóxicas, em doses substancialmente menores que a utilizada, resultado em estímulos para o desenvolvimento vegetal (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Segundo Belz e Duke (2014) a “hormese” é o resultado de efeitos secundários de baixas doses de herbicida que estimulam o crescimento em plantas sensíveis frequentemente atribuído ao glifosato na literatura, mas não é o único herbicida que

proporciona esse fenômeno. Duke et al. (2006) citam exemplos de vários herbicidas que proporcionam efeito de “hormese” através do incremento em altura, massa seca, teor de proteína, entre outros, em culturas como da soja, trigo milho e centeio.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares aos 0 DAA, cultivares e doses aos 7 DAA e efeito de interação entre cultivares e dose aos 14, 21 e 28 DAA para a variável número de folhas (Tabela 17). Portanto, o número de folhas foi dependente da cultivar e dose de tembotriione (Figura 11).

Aos 0 DAA o maior número de folhas foi apresentado pela cultivar URS Corona (3,1), seguida da URS Brava (2,9) e da IPR Artemis (2,8) no momento da aplicação (Tabela 18). Indicando a uniformidade entre os tratamentos

Aos 7 DAA houve um aumento no número de folhas expandidas. O maior número de folhas foi apresentado pela cultivar URS Corona (3,9), seguida das cultivares URS Brava (3,1) e IPR Artemis (3,4) que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 18). Houve aumentos e reduções no número de folhas em relação a testemunha devido a aplicação de tembotriione (Figura 11a). O maior número de folhas foi contabilizado na dose de 37,8 g i.a. ha^{-1} (3,8) correspondendo a aumentos de 3,6%. A redução no número de folhas iniciou com aplicação de 604,8 g i.a. ha^{-1} , sendo maior com o aumento da dose. O menor número de folhas foi contabilizado na dose de 2419,2 g i.a. ha^{-1} (3,5) gerando reduções de 7,2 %.

Tabela 17 - Análise de variância (quadrado médio) do número de folhas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotriione

F.V.	GL	0 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Cultivar (C)	2	1,029***	3,752***	6,588***	15,329***	19,186***
Dose (D)	10	0,051	0,379***	3,220***	9,503***	15,565***
CxD	20	0,077	0,170	0,641*	1,424**	1,561*
Resíduo	132	0,047	0,111	0,356	0,637	0,787
C.V. (%)		7,35	9,14	12,49	12,45	13,20

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Tabela 18 - Número de folhas aos 14 e 28 DAA em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017

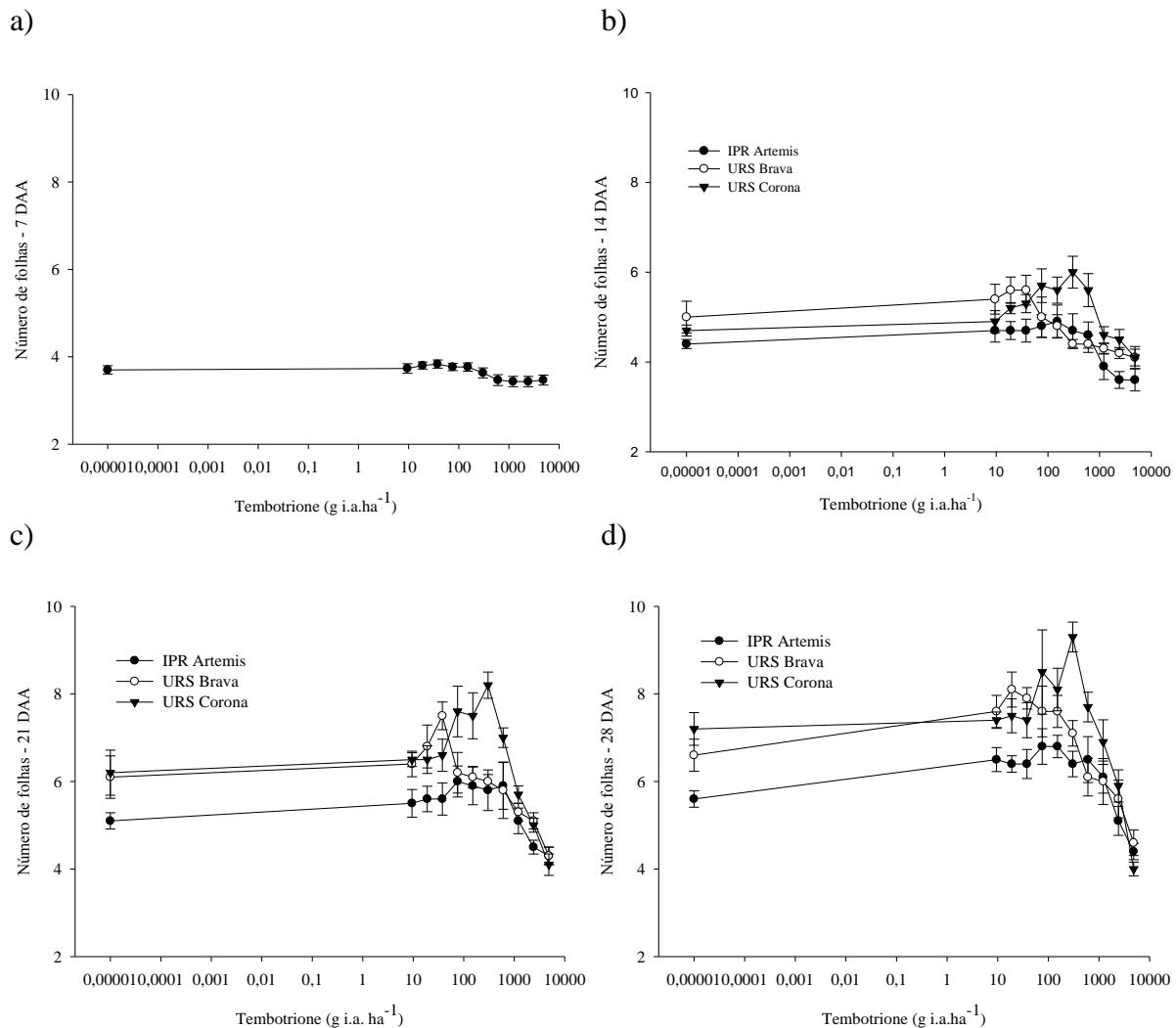
Cultivar	0 DAA	7 DAA
URS Corona	3,1 a	3,9 a
URS Brava	2,9 b	3,6 b
IPR Artemis	2,8 c	3,4 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 14 DAA houve aumentos e reduções no número de folhas em relação a testemunha pela aplicação de tembotriione (Figura 11b). O maior número de folhas foi detectado nas doses de 18,9 e 37,8 g i.a. ha^{-1} na cultivar URS Brava (5,6), 151,2 g i.a. ha^{-1} na IPR Artemis (4,9), e 302,4 g i.a. ha^{-1} na cultivar URS Corona (6,0), correspondendo a aumentos de 12,0, 11,3 e 27,7% e em relação as testemunhas (5,0, 4,4 e 4,7 folhas). A redução no número de folhas iniciou na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} para a URS Brava, 1.209,6 g i.a. ha^{-1} para a IPR Artemis e 4.838,4 g i.a. ha^{-1} para URS Corona, sendo crescente para todas as cultivares com aumentos dessas doses. A maior redução no número de folhas ocorreu na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} correspondendo a 18,2% na cultivar IPR Artemis (3,6), 18% na URS Brava (4,1) e 12,8 % na URS Corona (4,1).

Figura 11 - Número de folhas de aveia aos 7 (a), 14 (b), 21 (c) e 28 (d) em função das doses de tembotriione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Constatou-se aumentos e reduções no número de folhas em relação a testemunha para todas as cultivares aos 21 DAA (Figura 11 c). Houve aumento no número de folhas nas doses de 37,8 g i.a. ha⁻¹ para a cultivar URS Brava (22,9%), 75,6 g i.a. ha⁻¹ na IPR Artemis (17,6%) e 302,4 g i.a. ha⁻¹ na URS Corona (32,5%). As primeiras reduções no número de folhas foram detectadas na dose de 1.209,6 g i.a. ha⁻¹ para todas as cultivares. As reduções foram maiores para todas as cultivares com o aumento das doses de tembotrione. O menor número de folhas foi detectado na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹, que gerou reduções de 15,7% na IPR Artemis, 29,5% na URS Brava e 32,5 % na URS Corona em relação ao tratamento que não recebeu aspersão de tembotrione.

Aos 28 DAA também houve aumentos e reduções no número de folhas em relação a testemunha devido a aplicação de tembotrione (Figura 11d). Os maiores aumentos no número de folhas expandidas ocorreram nas doses 18,9 g i.a. ha⁻¹ na URS Brava (22,7%), 75,6 e 151,2 g i.a. ha⁻¹ para cultivar IPR Artemis (21,4%) e 302,4 g i.a. ha⁻¹ na URS Corona (29,2%). As reduções no número de folhas para todas cultivares iniciaram com aplicação de 2.419,2 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione. Já as maiores reduções ocorreram na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹ correspondendo a 21,4 % na IPR Artemis, 30,3 % na URS Brava e 44,4% na URS Corona.

Frente aos dados obtidos aos 7, 14, 21 e 28 DAA (Figura 11) observa-se que as cultivares de aveia apresentaram intoxicação diferencial as doses de tembotrione que refletiram no aumento e reduções do número de folhas. Os maiores incrementos no número de folhas ocorreram nas seguintes doses: 18,9 (14, 21 e 28 DAA) e 37,8 g i.a. ha⁻¹ (21 e 28 DAA) para URS Brava; 75,6 (21 e 28 DAA) e 151,2 g i.a. ha⁻¹ (14 e 28 DAA) para a IPR Artemis; 302,4 g i.a. ha⁻¹ (14, 21 e 28 DAA) para a URS Corona. Mostrando claramente que as cultivares respondem diferentemente a aplicação tembotrione. Não houve reduções no número de folhas em doses menores que 604,8 g i.a. ha⁻¹ aos 7 DAA. No entanto, ao longo das avaliações observa-se que as plantas apresentam a recuperação da intoxicação para esta variável, através do aumento da primeira dose tóxica (2.419,2 g i.a. ha⁻¹) aos 28 DAA para todas as cultivares. Mostrando o potencial de tolerância da cultura a doses representativas de tembotrione. As maiores reduções para todas as cultivares ocorreram na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione, variando entre 12,8 a 44,5%.

O aumento no número de folhas pode ser atribuído ao efeito de hormese constatado anteriormente para a variável altura de plantas. Fato este não evidenciado por Fikpe (2016) no feijão que teve seu número de folhas reduzidos ao ser aspergidos com doses crescentes de tembotrione (0; 10,5; 21,0; 31,5; 42,0; 52,5 e 105,0 g i.a. ha⁻¹). De acordo com Silva et al. (2012a) não houve diferença significativa entre a testemunha e dose de 110,8 g i.a. ha⁻¹ de

tembotrione aspergida sobre mandioca quanto ao número de folhas avaliado aos 35 DAA. Belz e Duke (2014) afirmam que dentre o conjunto fatores que podem influenciar a hormese está espécie de planta e biótipos ou cultivares.

As doses de doses de 75,6 e 100,8 g i.a. ha⁻¹ são registradas para o controle de plantas daninhas no milho (BAYER, 2007) e promoveu hormese quanto ao número de folhas para a IPR Artemis (75,6 g i.a. ha⁻¹). Enquanto a cultivar URS Corona apresentou hormese na dose de 302,4 g i.a. ha⁻¹, dose quatro vezes maior que a recomendação de bula para milho. Indicando o potencial de utilização deste herbicida na cultura.

Para a variável área foliar (AF) mensurada aos 28 DAA identificou-se apenas efeito significativo ($P<0,05$) de doses (Tabela 19). Portanto a área foliar depende diretamente das doses de tembotrione, que acarretou aumentos e reduções em relação a testemunha (Figura 12a). O maior aumento da área foliar foi quantificado na dose de 9,45 g i.a. ha⁻¹ com 8,2 %. Doses menores e equivalente a 604,8 g i.a. ha⁻¹ não provocaram reduções na AF, devido ao hormese no número de folhas e baixa intoxicação das plantas aos 28 DAA. Dose maiores que a citada anteriormente provocaram redução de AF, atingindo 84% na dose de 4.838,4 g i.a. ha⁻¹. Ou seja, foi necessária a aplicação de 604,8 g i.a. ha⁻¹, que corresponde oito vezes a dose de bula recomendada para milho para que a AF da aveia fosse reduzida. O mesmo não ocorreu para o sorgo que teve uma redução linear da área foliar à medida que foi submetido a doses crescentes de tembotrione segundo Silva et al. (2016b). A cultura mandioca não teve sua área foliar alterada em relação a testemunha quando foi aspergida com herbicidas inibidores da síntese de carotenoides sendo eles: tembotrione (110,8 g i.a. ha⁻¹) e mesotriione (144 g i.a. ha⁻¹), porém foi reduzida ao receber 115,0 g i.a. ha⁻¹ de isoxaflutole (SILVA et al, 2012b).

Tabela 19 - Análise de variância (quadrado médio) da área foliar (cm²) e massa seca (g) aos 28 DAA em três cultivares de aveia e onze doses de tembotrione

F.V.	GL	Área foliar	Massa seca
Cultivar (C)	2	473	89128***
Dose (D)	10	7036***	794848***
CxD	20	337,00	34226**
Resíduo	132	481	15793
C.V. (%)		38,26	22,52

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

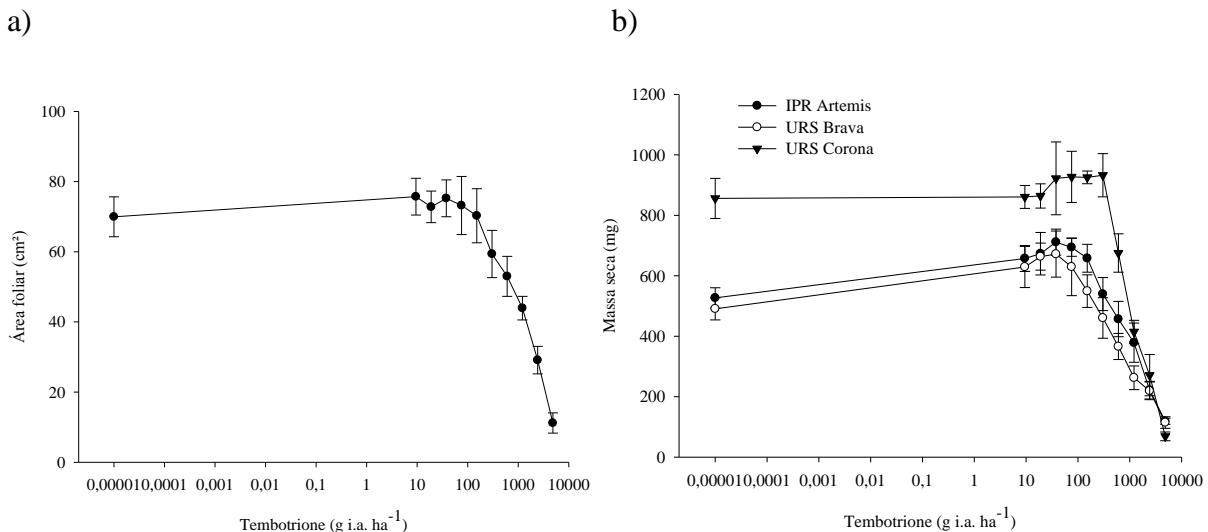
Houve interação significativa ($P<0,05$) entre cultivar e dose para a variável massa seca (Tabela 19). Portanto a massa seca foi dependente das cultivares e das doses de tembotrione (Figura 12b).

Ocorreu aumentos e reduções de massa seca em relação a testemunha para todas as cultivares (Figura 12b). Os maiores aumentos ocorreram na dose de 37,8 g i.a. ha^{-1} na IPR Artemis (35,0%) e URS Brava (36,9%) e na dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} na URS Corona (9%). As reduções em relação a testemunha iniciaram na dose de 604,8 g i.a. ha^{-1} para a URS Brava e URS Corona e na dose de 1.209,6 g i.a. ha^{-1} para a IPR Artemis. As reduções foram maiores com aumentos das doses citadas acima. A maior redução para todas as cultivares ocorreu na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} correspondendo 77,5 % na IPR Artemis, 76,7% na URS Brava e 92% na URS Corona. Diferentemente da aveia, o sorgo (DAN et al., 2010b; Silva et al., 2016b), milheto (DAN et al., 2010a), eucalipto (TIBURCIO et al., 2012) e o feijão (FIKPE, 2016) apresentaram apenas reduções no acúmulo de massa seca em relação a testemunha quando aspergidas com doses crescentes de tembotrione, não havendo incrementos no acúmulo de massa seca.

Observou-se que a URS Corona tem o maior acúmulo de massa seca em todos os tratamentos, exceto na dose de 4.838,4 g i.a. ha^{-1} quando comparada as demais cultivares. Nessa cultivar o aumento de massa seca equivalente a 9% ocorre em dose superior (302,4 g i.a. ha^{-1}), enquanto na IPR Artemis e URS Brava os aumentos ocorrem em dose inferior (37,8 g i.a. ha^{-1}), mas com maiores incrementos em relação a testemunha equivalente a 35% e 36,9% respectivamente. De acordo com Tuffi Santos et al. (2006) estudando seletividade de herbicidas a cinco espécies de eucalipto, quanto menor a seletividade do genótipo ao herbicida menor é o crescimento das plantas e menor é o acúmulo de massa seca quando em contato com o herbicida

Os incrementos de massa seca podem ser atribuídos aos efeitos de “hormese”, fato constatado também nas variáveis de altura de plantas, número de folhas e área foliar. Wiedman e Appledy (1972) relatam hormese em aveia através do incremento de massa seca de parte área e raiz, pela aplicação de subdoses de Barban, Bromoxynil, Chloramben e Diuron, onde o máximo efeito variou entre 20 e 60% de incremento. A hormese pela aplicação de herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides pode ocorrer segundo Velini et al. (2010) porque esta rota está associada à resistência de plantas a pragas, doenças, controle de plantas daninhas, alterações no desenvolvimento das plantas e crescimento (associados com o equilíbrio hormonal), e tolerância a estresses ambientais (ênfase em estresse hídrico).

Figura 12 - Área foliar (a) e massa seca (b) de aveia aos 28 DAA em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Para detecção de hormese são necessários estudos detalhados de dose-resposta que devem incluir doses estimulantes e doses que levam a efeitos adversos. No entanto, a maioria dos trabalhos com herbicidas não detectam hormese porque trabalham com doses elevadas a fim de identificar controle. A hormese normalmente é estimulada por doses muito abaixo das utilizadas para controle, sendo assim muitas vezes não relatada ou desconsiderada como dados anuais, gerando o baixo número de relatos sobre esse assunto na literatura (BELZ; DUKE, 2014).

No contexto geral, o tembotrione apresentou intoxicação diferencial para as cultivares de aveia que refletiram no crescimento das plantas. As variáveis apresentaram hormese na dose 37,8 g i.a. ha⁻¹ para as cultivares IPR Artemis e URS Brava e na dose de 302,4 g i.a. ha⁻¹ na cultivar URS Corona. Portanto esses incrementos de crescimento ocorrem em doses passíveis de controle de plantas daninhas e podem refletir em aumentos de produtividade, sugerindo a realização de mais estudos a respeito.

As variáveis em especial a massa seca foram reduzidas em relação a testemunha em dose maiores que 604,8 g i.a ha⁻¹ para URS Corona e URS Brava e maiores que 1.206,9 g i.a. ha⁻¹ para a IPR Artemis. Doses essas oito (604,8 g i.a ha⁻¹) e dezesseis (1.206,9 g i.a ha⁻¹) vezes superior a recomendação de tembotrione para o controle de plantas daninhas no milho (75,6 a 100,8 g i.a. ha⁻¹). Esses dados indicam o potencial de seletividade do tembotrione sobre a aveia.

São poucos os trabalhos na literatura que tratam a aveia como uma cultura de interesse em relação ao uso de herbicidas, normalmente são tratadas como plantas daninhas em outros

cultivos como trigo, cevada e centeio (DALAZEN et al., 2015). Dessa forma, informações sobre seletividade de herbicidas são escassas, embora essa cultura seja amplamente utilizada como pastagem para alimentação de animais e o consumo de grãos pela população humana esteja aumento devido as suas múltiplas utilizações. Deixando clara a evidencia da necessidade de mais estudos relacionados a este tema.

No contexto geral, observa-se que aveia e o trigo apresentaram níveis de tolerância diferencial ao tembotrione, o mesmo ocorreu entre as cultivares de aveia. Sabe-se que processo de melhoramento genético é mais antigo e intenso na cultura do trigo, fato esse que diminui a rusticidade e variabilidade genética do trigo em relação a aveia. Talvez a maior rusticidade e variabilidade genética dos materiais de aveia esteja envolvido na sua maior capacidade de tolerância ao tembotrione. Sabe-se também que a base para a seletividade de tembotrione no milho (cultura que possui registro para utilização do herbicida) é metabolização da molécula do herbicida a um composto não tóxico a planta (MITCHELL et al., 2001; PATAKY et al., 2008). Logo pode haver diferença no metabolismo entre as espécies e também entre as cultivares da mesma espécie que proporcionam a resposta observada neste trabalho.

4.2 EXPERIMENTO DE CAMPO

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares e doses aos 7 e 35 DAA, e de interação entre cultivares e doses aos 14, 21 e 28 DAA para a intoxicação das plantas (Tabela 20). Portanto a intoxicação das plantas foi dependente da cultivar e dose de tembotrione (Figura 13).

Aos 7 DAA os níveis de intoxicação foram maiores nas cultivares URS Brava (30,2%) e URS Corona (31,5%) que na IPR Artemis (16,9%) (Tabela 21). Os níveis de intoxicação nas cultivares apresentou comportamento linear frente ao aumento doses de tembotrione, variando entre 9,2% (75,6 g i.a. ha^{-1}) e 52,8 % (604,8 g i.a. ha^{-1}) (Figura 13a). Ou seja, houve aumento nos níveis de intoxicação com aumento das doses de tembotrione para todas as cultivares. Comportamento semelhante foi expresso pela aveia (experimento em casa de vegetação), no milheto (DAN et al., 2010a), no sorgo (DAN et al. 2010b; CUNHA et al. 2016) e no feijão (FIKPE, 2016) quando submetido a doses crescentes de tembotrione. Diferentemente De David et al. (2017) observaram que a erva-erva quando submetida a 0,0; 50,4; 100,8 e 201,4 g

i.a. ha^{-1} de tembotrione as percentagens de intoxicação foram semelhantes entre as doses, não ocorrendo aumentos nos níveis de intoxicação.

Tabela 20 - Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de intoxicação aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA em três cultivares de aveia e cinco doses de tembotrione

F. V.	GL	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
Bloco (B)	4	64,3	42,1	16,5	0,9	2,1
Cultivar (C)	2	1297,4*	1258,1***	355,5***	113,8***	9,6**
Resíduo (a)	8	74,6	24,2	4,87	1,8	0,8
Dose (D)	3	5985,2***	4999,5***	2395,2***	874,9***	54,8***
CxD	6	63,6	133,6***	63,3***	12,1***	0,4
Resíduo (b)	36	27,3	10,1	4,5	1,42	0,8
C.V.(a)	-	32,90	24,3	18,50	17,20	38,10
C.V.(b)	-	19,90	15,7	17,80	15,30	38,60

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

Tabela 21 –Intoxicação (%) em três cultivares de aveia por tembotrione aos 7 e 35 DAA, Lages – SC, 2017

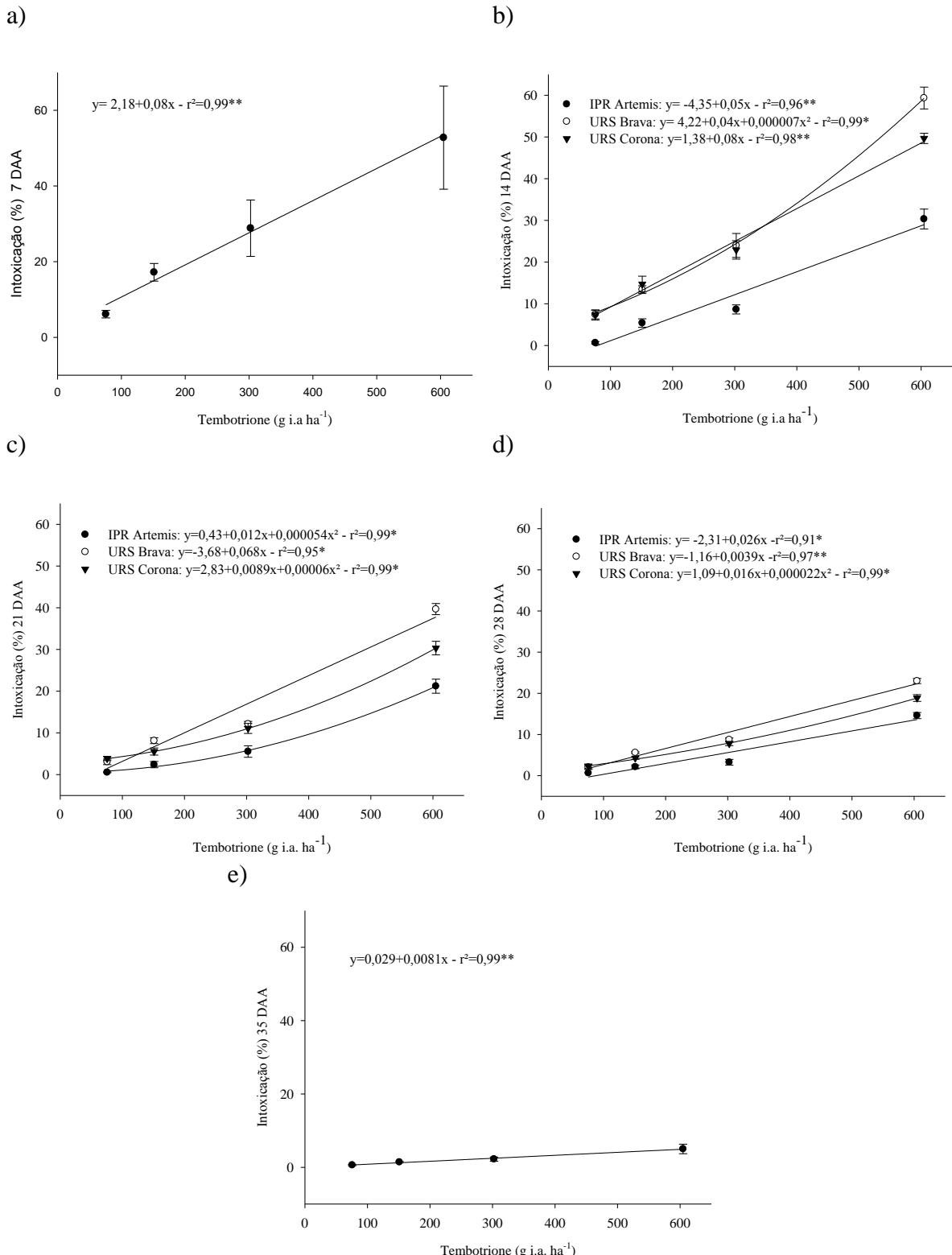
Cultivar	7 DAA	35 DAA
IPR Artemis	16,9 b	1,8 b
URS Brava	30,2 a	3,1 a
URS Corona	31,5 a	2,1 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 14 DAA, houve aumento dos níveis de intoxicação à medida que se aumentou a dose de tembotrione (Figura 13b). As cultivares IPR Artemis e URS Corona apresentaram comportamento linear variando de 0,6 a 30,3 % e 7,3 a 49,6% respectivamente. Enquanto cultivar URS Brava apresentou comportamento quadrático com variações entre 7,4 e 59% nos níveis de intoxicação. As notas atribuídas neste período permitem constatar a evolução dos sinais de intoxicação através do aumento dos níveis de intoxicação. Esse incremento foi detectado na aveia em experimento anterior, por De David et al. (2017) na erva-mate e por Teixeira et al. (2017) no sorgo sacarino submetido a doses crescentes de tembotrione. No entanto, Dan et al. (2010a) observaram reduções nos sinais de intoxicação no milheto aos 14 DAA de 75,5 g i.a. ha^{-1} de tembotrione.

Figura 13 - Intoxicação nas cultivares de aveia (%) aos 7 (a), 14 (b), 21 (c), 28 (d) e 35 (e) DAA em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Sinais de recuperação de intoxicação foram observados aos 21 DAA (Figura 13c). Os quais reduziram, mas não desapareceram nas cultivares e doses de tembotrione. Os níveis de

intoxicação apresentaram comportamento quadrático para a IPR Artemis (0,6 a 21,2%) e URS Corona (3,9 a 30,3%), já para URS Brava o comportamento foi linear (3,1 a 39,7%). A recuperação de sinais de intoxicação aos 21 DAA foi constatada por Dan et al. (2010a) no milheto e Dan et al. (2010a) no sorgo. Efeito similar foram observados por Silva et al. (2012) na mandioca quando aspergida com 110,8 g i.a. ha^{-1} tembotrione. No entanto, Teixeira et al. (2017) detectaram aumentos nos níveis de intoxicação aos 21 DAA em seis cultivares de sorgo sacarino que receberam 100,0 g i.a. ha^{-1} de tembotrione.

Visualmente a recuperação dos sinais foi constatada pela emissão de novos tecidos após a aplicação sem a presença de sinais de branqueamento (Figura 14), reduzindo as notas em percentagem atribuídas aos tratamentos. Sabe-se que os herbicidas inibidores da biossíntese dos carotenoides atuam inibindo a síntese de novos carotenoides, tendo pouco ou nenhuma influência sobre os carotenoides sintetizados antes da aplicação. Fato este que colabora para que os sinais de branqueamento sejam visualizados apenas em tecidos jovens. (DAN HESS et al., 2000; GROSSMANN; EHRHARDT, 2007; HAWKES, 2007).

A recuperação dos sinais de intoxicação ocorreu também 28 DAA (Figura 13d). Constatada através da redução dos níveis de intoxicação em todas as cultivares e doses de tembotrione. Os níveis de intoxicação apresentaram comportamento linear para cultivar URS Brava (2,1 a 23%), URS Corona (2,3 a 18,9%) e IPR Artemis (0,7 a 14,6%). A redução nos sinais de intoxicação aos 28 DAA foi detectada na mandioca quando aspergida com 110,8 g i.a. ha^{-1} de tembotrione (SILVA, et al. 2012). No entanto, foram crescentes em seis cultivares de sorgo sacarino submetidos a 100,0 g i.a. ha^{-1} (TEIXEIRA et al. 2017), em crotalária submetidas a aspersão de 40 g i.a. ha^{-1} de tembotrione (CARVALHO DIAS et al., 2017) e na erva mate que recebeu 0,0; 50,4; 100,8 e 201,4 g i.a. ha^{-1} de tembotrione (DE DAVID et al., 2017).

Aos 35 DAA o maior nível de intoxicação foi detectado na cultivar URS Brava (3,1%) seguido da URS Corona (2,1%) e IPR Artemis (1,8%) que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 21). As notas de intoxicação foram reduzidas em todas as doses de tembotrione, mas não desapareceram (Figura 13d). Os níveis de intoxicação apresentaram comportamento linear variando entre 0,8 a 5,0%. As cultivares passaram responder de forma semelhante ao aumento das doses de tembotrione, fato que se deve provavelmente ao efeito de recuperação da intoxicação pelas plantas. Teixeira et al. (2017) e De David et al. (2017) identificaram recuperação de intoxicação das espécies estudadas (sorgo sacarino e erva mate) apenas aos 35 DAA de tembotrione, não ocorrendo nos períodos anteriores de avaliação (7,14, 21 e 28 DAA).

Figura 14 - Intoxicação em planta de aveia aos 21 DAA de 604,8 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

De maneira geral, observou-se que as cultivares de aveia apresentam intoxicação diferencial as doses de tembotrione. A IPR Artemis apresentou os menores níveis de intoxicação durante os períodos de avaliação, seguida da URS Corona e URS Brava (Figura 13). Os sinais de intoxicação foram visualizados aos 7 DAA e intensificados até os 14 DAA. A recuperação dos sinais de intoxicação foi observada 21 DAA e intensificada aos 28 e 35 DAA, fato semelhante foi observado no experimento de dose-resposta em casa de vegetação.

Os sinais de intoxicação visíveis durante o experimento a campo foram caracterizados pelo branqueamento de folhas jovens das plantas de aveia e eventualmente a coloração rósea ou arroxeadas de algumas folhas. Sintomas semelhantes foram relatados por Abit et al. (2009) no sorgo granífero, Wang et al. (2015) no trigo e Damalas et al. (2017) no capim-massambará 7 DAA de tembotrione (100 g i.a. ha⁻¹), trabalhando com herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

Os sinais de recuperação foram constatados visualmente pela emissão de novos tecidos sem a presença de sinais de branqueamento, fato que diminui a percentagem de intoxicação atribuída aos tratamentos. Estudos conduzidos por Armel et al. (2003) identificou injúrias depois da aplicação de herbicidas inibidores da HPPD através do branqueamento de folhas e atrofiamento do crescimento das plantas, mas estas injúrias foram temporárias e não reduziram a produtividade de milho ou sorgo (ARMEL et al., 2003; IDZIAK et al., 2013).

A ausência de sintomas de toxicidade provavelmente deve-se a metabolização do herbicida. De acordo com Mitchell et al. (2001), os herbicidas pertencentes ao grupo químico das tricetonas apresenta seletividade e grande capacidade de recuperação dos sinais causados

nas plantas devido ao rápido metabolismo do HPPD, por meio do processo da hidroxilação. Pataky et al. (2008) afirmam que a seletividade dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides está relacionada a mecanismos de detoxificação através da ação do citocromo P450 monoxigenase.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de interação entre cultivares e doses para a variável índice de colheita (IC) (Tabela 22). Portanto o IC (Figura 14) foi dependente da cultivar e da dose de tembotriione.

As cultivares apresentaram comportamento diferencial para a variável índice de colheita (IC), havendo reduções e aumentos em relação à testemunha (Figura 15). Houve aumentos de 12,5 % na dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} para a cultivar URS Corona. Não houve diferença significativa em relação a testemunha para a URS Corona em doses maiores que a citada acima. Para as demais cultivares estudadas houve apenas reduções no IC, constatadas a partir da dose de 302,4 g i.a. ha^{-1} para a URS Brava (18%) e 604,8 g i.a. ha^{-1} para a IPR Artemis (6,5%) respectivamente.

Tabela 22 - Análise variância (quadrado médio) para altura (cm), IC, MMG (g) e produtividade ($kg.ha^{-1}$) de três cultivares de aveia e cinco doses de tembotriione

F. V.	GL	Altura (cm)	IC	MMG (g)	P1 ($kg.ha^{-1}$)	P2 ($kg.ha^{-1}$)
Bloco (B)	4	135,310	0,002	43,68	10194*	12367
Cultivar (C)	2	1428,30**	0,108***	561,68***	79392	29443***
Resíduo (a)	8	160,480	0,003	15,460	25414	84655
Dose (D)	4	104,430	0,004**	25,570	89865	22817***
CxD	8	169,120	0,002*	25,990	11836*	11787**
Resíduo (b)	48	145,660	0,0008	14,760	47374	35977
C.V.(a)	-	12,50	17,6	11,60	7,20	9,90
C.V.(b)	-	11,90	8,6	11,40	9,80	6,50

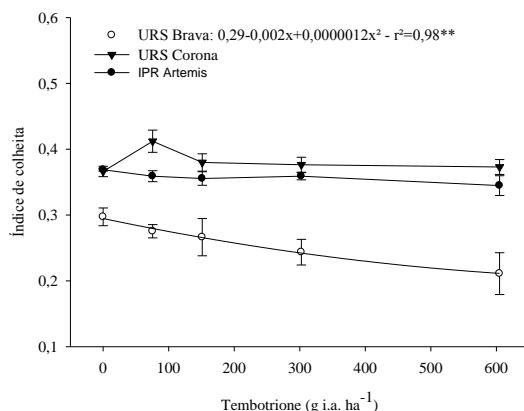
Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

O IC foi maior na cultivar URS Corona (0,37 a 0,41), seguida a IPR Artemis (0,34 a 0,37) e URS Brava (0,21 e 0,29) independentemente do tratamento. Valores semelhante de IC foram relatados por Abreu et al. (2006) na cultivar UPF 18, que variou entre 0,35 e 0,42 à medida que aumentou a população de plantas de 100 para 400 plantas/ m^2 . Rizzi (2004) avaliou o IC em 19 genótipos de aveia branca. Este autor identificou valores de IC entre 0,28

e 0,43 e concluiu que IC depende também da cultivar. Observou-se que apenas a cultivar URS Brava apresentou IC menores que os relatados na literatura.

Figura 15 - Índice de colheita (IC) nas cultivares de aveia em função das doses de tembotrione



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

O IC pode ser considerado uma medida de eficiência do transporte de fotoassimilados para os grãos, assim teoricamente, o maior IC gerado por uma cultivar ou tratamento a ela imposto demonstra uma maior eficiência de conversão de fotoassimilados em produto de interesse econômico (DURÂES et al., 2002) neste caso grãos.

O aumento no IC mensurado na cultivar URS Corona pode ser explicado pelo efeito de hormese. Efeito esse detectado anteriormente no experimento de casa de vegetação com a aveia para as variáveis altura, número de folhas, área foliar e massa seca de plantas. A hormese é decorrente da aplicação de doses muito menores que as utilizadas de produtos considerados tóxicos as plantas (como herbicidas), que acabam por estimular o crescimento das plantas (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Silva et al. (2012) comenta que a hormese é responsável por incrementos nas características de crescimento (altura, comprimento de folhas, teor de proteínas, etc) desde pequenos pontos percentuais até saltos de 100%, e já foi relatada na literatura em diversas culturas como por exemplo cana-de-açúcar, milho, cevada, centeio, eucalipto, pinheiro e café.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivar para as variáveis altura de plantas e massa de mil grãos (MMG) (Tabela 22). Ou seja, a altura de plantas e MMG dependem da cultivar (Tabela 23).

A maior altura de plantas foi detectada na cultivar URS Brava com 109,8 cm, seguida da cultivar URS Corona com 100,2 cm e IPR Artemis com 94,9 cm. A altura não foi influenciada pelas doses de tembotrione aplicadas sobre as plantas. Os valores de altura

obtidos estão próximos aos relatados por Oliveira et al. (2016) durante o Ensaio Brasileiro de Cultivares Recomendadas de Aveia Branca conduzindo 23 cultivares na região Oeste do Paraná que variaram entre 93 a 112 cm de altura. E semelhantes aos resultados obtidos em mesmo ensaio em Lages-SC por Souza et al. (2016) onde a altura das 23 cultivares variaram entre 98 e 130 cm.

A maior MMG foi mensurada na cultivar URS Corona com 38,65 g, seguida da cultivar IPR Artemis com 33,52 g e URS Brava com 29,18 g (Tabela 23). Bland (1971) considera como muito alto o MMG acima de 30 g; alto entre 28 e 30 g; normal entre 24 e 28 g e muito baixo quando este se encontra abaixo de 22 g., Portanto, entre as cultivares apenas a URS Brava ficou abaixo do valor considerado muito alto (30 g) podendo-se assim atribuir a essas cultivares estudadas uma alta qualidade de MMG. Para Petr et al. (1988) a massa de mil grãos depende da duração da atividade funcional do aparato fotossintético da planta; capacidade de transferência de fotoassimilados aos grãos; duração do período de formação do grão; condições climáticas e nutricionais durante o enchimento de grãos e ocorrência de enfermidades.

Tabela 23 - Altura (cm) e massa de mil grãos (MMG - g) em três cultivares de aveia, Lages – SC, 2017

Cultivar	Altura	MMG
IPR Artemis	94,9 b	33,52 b
URS Brava	109,8 a	29,18 c
URS Corona	100,2 ab	38,65 a

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de mil grãos (MMG) não apresentou influência da aplicação do tembotrione. É sabido que a massa de mil grãos é uma característica fortemente controlada pela genética da cultivar (GUARIENTI, 2005), o que pode ter contribuindo para que a variável não fosse alterada em função da aplicação de tembotrione. No entanto, Cargnin et al. (2006) observaram ao estudar seletividade de metsulfuron, bentazon e metribuzin sem aveia branca, que massa de mil sementes foi superior nos tratamentos com os herbicidas em relação a testemunha capinada.

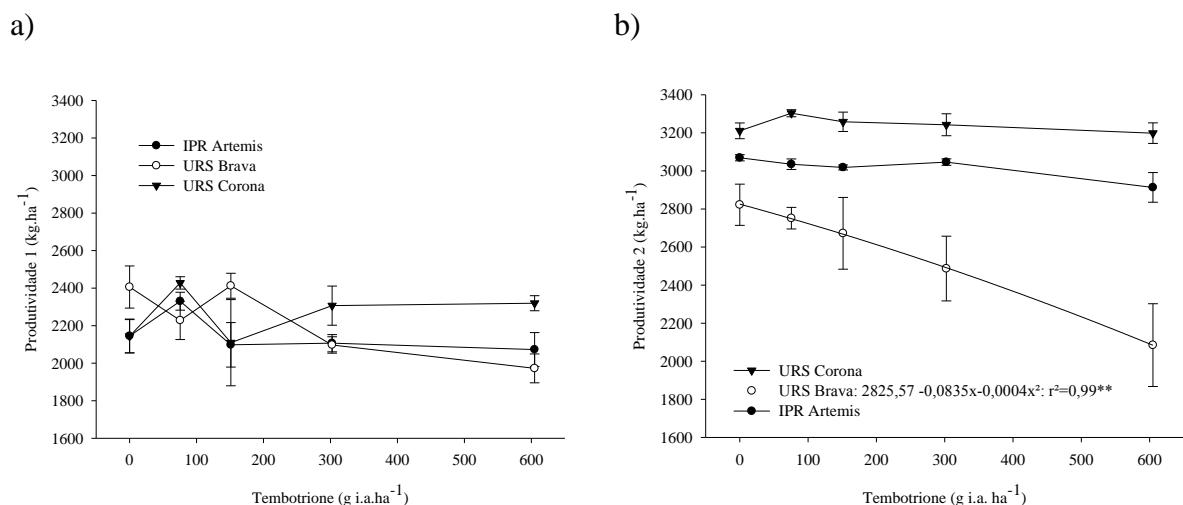
A produtividade 1 (P1) determinada após a colheita (Figura 16a) não apresentou dados consistentes, ou seja, houve variações que provavelmente não representam o resultado real devido ao granizo que atingiu o experimento anteriormente a colheita no dia 10/11/2017. Devido a esta ocorrência optou-se em calcular a produtividade 2 (P2) com os grãos obtidos no

índice de colheita, já que o material foi coletado anteriormente ao granizo e após a maturidade fisiológica das plantas.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para interação entre cultivares e doses para variável produtividade 2 (Tabela 22). Portanto, a produtividade foi dependente da cultivar e dose de tembotrione (Figura 16b)

As cultivares de aveia apresentaram resposta diferencial as doses de tembotrione, apresentando aumentos e reduções de produtividade em relação a testemunha (Figura 16b). Houve aumentos de 2,9% na dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} para a cultivar URS Corona. Não houve diferenças significativas em relação a testemunha em decorrência da aplicação de doses maiores que a citada acima para esta cultivar. Houve reduções de produtividade na dose de 604,8 g i.a. ha^{-1} (14,2%) para a IPR Artemis e em doses a partir de 302,4 g i.a. ha^{-1} para URS Brava (6,5%). Incrementos em produtividade de aveia em relação à testemunha pela aplicação de herbicidas foi relatado por Cargnin et al. (2006) durante o estudo de seletividade de metsulfuron, bentazon e metribuzin sobre aveia branca. No entanto, Dan et al. (2010a) observaram reduções na produtividade de três genótipos de milheto submetidos a doses crescentes de tembotrione em dois estádios diferentes de crescimento (4 e 7 folhas expandidas). O mesmo foi constatado por Fikpe (2016) no feijão e por Dan et al. (2010b) no sorgo granífero.

Figura 16 - Produtividade ($kg.ha^{-1}$) de grãos de aveia no momento da colheita (a) e durante o IC (b) em função das doses de tembotrione, Lages- SC, 2017



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

A maior produtividade foi apresentada pela URS Corona, seguida da IPR Artemis e URS Brava independentemente da dose de tembotrione aspergidas sobre elas (Figura 16b). A

produtividade obtida em todos os tratamentos foi superior a produtividade média brasileira na safra de 2017, que corresponde a 1.862 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2018). Outros autores como Kaspary (2015), Souza et al. (2016) e Sponchiado (2017) relataram produtividades acima da média brasileira, variando entre 2.000 a 3.800 kg.ha⁻¹ em função da cultivar e tratamentos realizados. Diante disto fica evidente que máximos potenciais produtivos não estão sendo atingidos pelos produtores brasileiros.

Tratando-se da qualidade industrial, houve efeito significativo ($P<0,05$) de cultivares para espessura de grãos maior que 2mm (EG>2mm) (Tabela 24). Portanto o a EG>2mm foi dependente da cultivar (Tabela 25).

O maior percentual de EG<2mm foi detectado na cultivar URS Corona (91,4%), seguida da URS Brava (87,3%) e IPR Artemis (83,4%). Os valores obtidos estão dentro dos citados por Rossi e Lângaro (2013) que foram de 31,8% a 91,5% em seis cultivares de aveia (UPFA Ouro, UPFA Gaudéria, URS Taura, UPFA Temprana, Barbrasul e Louise). A variável EG>2mm é um importante parâmetro adotado pela indústria brasileira de beneficiamento de aveia, pois representa o tamanho e uniformidade dos grãos, definindo sua aptidão para fabricação de flocos, farinha ou farelo (MULLER et al., 2015). Variável esta, que não foi afetada pela aplicação das doses crescentes de tembotrione.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) para cultivares e doses nas variáveis peso hectolitro (PH) e índice de descasque (ID). Ou seja, o PH e ID foram dependentes da dose de tembotrione aplicada (Figura 17).

Tabela 24 - Análise de variância (quadrado médio) para espessura de grão, peso hectolitro e índice de descasque de três cultivares de aveia e cinco doses de tembotrione

F. V.	GL	EG>2mm (%)	PH (kg.hL ⁻¹)	ID (%)
Bloco (B)	4	3,720	17,703	22,049*
Cultivar (C)	2	398,85***	197,379**	31,519**
Resíduo (a)	8	8,070	18,848	3,372
Dose (D)	4	1,140	25,591***	14,774**
CxD	8	2,420	5,189	5,232
Resíduo (b)	48	3,400	3,854	3,500
C.V.(a)	-	3,30	12,20	2,50
C.V.(b)	-	2,10	5,50	2,60

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; *** significativo a $p<0,001$; **significativo a $p<0,01$; * significativo; a $p<0,05$ pelo teste F.

O peso hectolitro (PH) é a massa de 100 litros expressa em kg.hL^{-1} , variável amplamente utilizada na classificação e comercialização de cereais de inverno. Quanto maior o peso, melhor a classificação do produto e maior valor obtido pelo mesmo devido ao seu maior rendimento na indústria (ORMOND et al., 2013).

Tabela 25 - Espessura de grãos, peso hectolitro e índice de descasque em três cultivares de aveia, Lages-SC, 2017

Cultivar	EG>2mm (%)	PH (kg.hL^{-1})	ID (%)
IPR Artemis	83,4 c	33,2 c	73,7 a
URS Brava	87,8 b	34,8 b	71,7 b
URS Corona	91,4 a	38,6 a	71,7 b

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

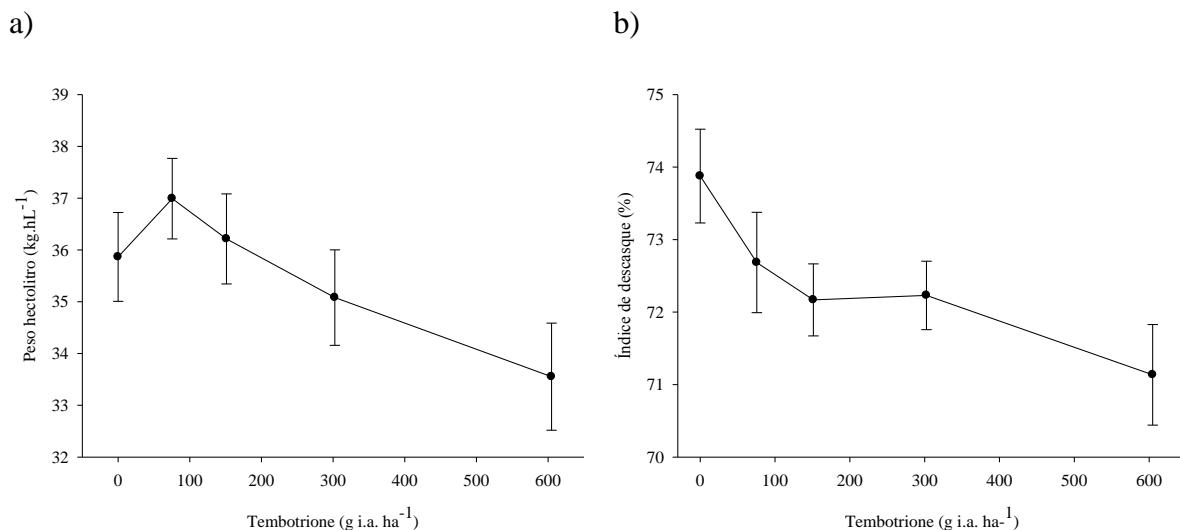
Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior PH foi mensurado na URS Corona ($38,6 \text{ kg.hL}^{-1}$), seguida da URS Brava ($34,8 \text{ kg.hL}^{-1}$) e IPR Artemis ($33,2 \text{ kg.hL}^{-1}$) (Tabela 25). A indústria brasileira para consumo humano tem alta exigência qualitativa para aquisição de grãos, dentre elas o PH seguindo o padrão determinado pelo Ministério da Agricultura. O qual define que o peso hectolitro deve ser igual ou superior a 50 kg.hL^{-1} para ser classificado como tipo 1. Dessa forma observa-se que nenhuma cultivar atingiu o valor mínimo exigido pelos padrões brasileiros (50 kg.hL^{-1}). Fato que ocorre com frequência no município de Lages durante os ensaios nacionais de aveia branca (SPONCHIADO, 2012; SOUZA et al., 2016; SPONCHIADO, 2017).

Houve aumentos e reduções no PH em relação à testemunha pela aplicação de tembotriione (Figura 17a). O maior aumento de PH ocorreu na dose ocorreu na dose de $75,6 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ correspondendo a 2,7%, enquanto a redução mais acentuada ocorreu na dose de $604,8 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ correspondendo a 6,4%, sendo esta a única dose que apresentou PH inferior a testemunha. O incremento no PH pode ser atribuído ao efeito de hormese já detectado no IC. Cargnin et al. (2006) estudaram a seletividade de diferentes doses (1/2 D, 1 D e 2D, onde D é dose recomendada do herbicida) de metsulfuron-metil, bentazon e metribuzim em quatro cultivares de aveia (UPF 18, OR 2, UPF 19 e UFRGS 19). Estes autores afirmam que independente da dose, estes herbicidas promoveram PH superior a testemunha capinada. Santos et al. (2015) relataram que o PH em trigo não foi alterado (cultivar quartzo) ou foi superior (cultivar BRS Tangará) a testemunha quando receberam a aplicação de herbicidas do grupo das sulfonilureias. Tratando-se dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides não foi encontrado na literatura relatos de efeitos sobre esta variável.

O índice de descasque (ID) é a razão percentual entre a cariopse e os grãos inteiros, constituindo assim um parâmetro industrial amplamente utilizado para determinar a quantidade efetiva de grãos que será processada (LUCHE, 2013). O maior ID ocorreu na IPR Artemis (73,7%) seguida das cultivares URS Brava (71,7%) e URS Corona (71,7%) que não diferiram entre si (Tabela 25). Valores similares foram encontrados por Souza et al. (2016) avaliando 23 cultivares de aveia branca durante ensaio nacional de cultivares de aveia branca no município de Lages, onde o ID variou entre 60 a 79%.

Figura 17 - Peso hectolitro (PH) e índice de descasque (ID) na aveia em função de doses de tembotrione, Lages-SC, 2017



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

O ID variou entre 73,9% e 71,7% quando submetido a doses crescentes de tembotrione. Houve reduções do ID em relação à testemunha pela aplicação de tembotrione (Figura 17b). As reduções iniciaram na dose de 151,2 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione. O ID foi reduzido com o aumento da dose citada acima. Não foram encontrados relatos na literatura sobre os efeitos da aplicação de herbicidas sobre esta variável, fato que leva a uma série de questionamentos a respeito e sugerindo a realização de novos estudos a fim de verificar e compreender os efeitos sobre o índice de descasque.

De maneira geral, as cultivares de aveia apresentaram intoxicação diferencial ao tembotrione, refletindo em produtividade. Houve hormese para as variáveis produtividade, IC e PH na 75,6 g i.a. ha⁻¹ na cultivar URS Corona. Doses inferiores e equivalentes a 604,8 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione não alteraram as variáveis estudadas na URS Corona e IPR Artemis, mostrando a elevada tolerância das cultivares ao tembotrione. Houve reduções de

produtividade, IC, PH e ID em doses superiores a 302,4 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione para a cultivar URS Brava. O comportamento diferente entre as cultivares pode ser atribuído à variabilidade genética entre as cultivares estudadas, as quais podem apresentar comportamento variado quando expostos a diferentes ambientes ou tratamentos (MARCHIORO et al., 2001; LUCHE, 2013).

Analisando a aveia de forma geral, observa-se que a dose de 75,6 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione não reduziu nenhuma variável mensurada independente de cultivar, apenas apresentou hormese na URS Corona. Dose esta que coincide com a recomendação para o controle de plantas daninhas que varia entre 75,6 a 100,8 g i.a. ha⁻¹ na cultura milho (BAYER, 2007). Indicando que cultura apresentou tolerância a doses satisfatórias de tembotrione.

Novos estudos são necessários envolvendo outras cultivares e controle de plantas daninhas. No entanto, com base nos resultados obtidos, o tembotrione e outros herbicidas inibidores da HPPD de uma forma geral podem futuramente constituir uma alternativa de mecanismo de ação para ser utilizado na aveia. Cultura esta que é extremamente carente de informações no âmbito de controle de plantas daninhas, já que na maioria das vezes é tratada como uma planta daninha e não como uma cultura de interesse econômico que vem ganhando espaço no mercado de grãos (DALAZEN et al., 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Detectou-se hormese na cultura da aveia em decorrência da aplicação de tembotrione no experimento de casa de vegetação e de campo durante o estudo de seletividade.

A hormese em aveia ocorreu experimento em casa de vegetação em doses inferiores e equivalente 37,8 g i.a. ha^{-1} nas cultivares URS Brava e IPR Artemis e 302,4 g i.a. ha^{-1} de tembotrione na cultivar URS Corona. A campo foi evidenciada na dose de 75,6 g i.a. ha^{-1} na URS Corona.

A dose recomendada para o controle de plantas daninhas fica entre 75,6 e 100,8 g i.a. ha^{-1} na cultura do milho. Portanto a aveia apresentou hormese em dose potencial para o controle de plantas daninhas. Doses essas que também foram seletivas a cultura.

Sendo assim, sugere-se mais estudos relacionados a hormese e seletividade em decorrência da aplicação de tembotrione em aveia branca a fim de esclarecer o mecanismo de ação e efeitos sobre a cultura.

6 CONCLUSÕES

O tembotrione aplicado em pós-emergência inicial não é seletivo à para as cultivares de trigo TBIO Toruk, TBIO Pioneiro e Marfim até os 28 DAA.

A seletividade do tembotrione em pós emergência na aveia depende da cultivar e da dose do herbicida.

A maior tolerância ao tembotrione foi detectada na cultivar USR Corona e IPR Artemis que não apresentaram reduções de crescimento, produtividade e qualidade final dos grãos em doses de até 604,8 g i.a. ha^{-1} , seguida da cultivar URS Brava tolerou doses até 151,2 g i.a. ha^{-1} de tembotrione.

O tembotrione apresentou seletividade à aveia em doses satisfatórias, demonstrando potencial de utilização.

.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENDROTH, J. A.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W. Plant response to combinations of mesotrine and photosystem II inhibitors. **Weed Technology**, Cambridge, v. 20, n. 1, p. 267-274, 2006.
- ABIT, J. M. et al. Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotriione. **Weed Technology**, Cambridge, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.
- ABREU, G. T. de et al. Efeito da população de plantas do cultivar UPF 18 de aveia branca (*Avena sativa* L.) sobre a produção de biomassa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 12, n. 1, p. 31-36, 2006.
- ABU-QARE, A.W.; DUNCAN, H.J. Herbicide safeners: uses, limitations, metabolism, and mechanisms of action. **Chemosphere**, Holanda, v. 48, n. 9, p. 965-74, 2002.
- ADAPAR. Permit, 2008. Paraná. Disponível em <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/permit.pdf>>. Acesso 14 dez. 2017.
- AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2016.
- AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.
- AGOSTINETTO, D. et al. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Herbicidas**. Disponível em: >http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons<. Acesso em: 02 jan. 2018.
- AHRENS, H. et al. 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibitors in Combination with Safeners: Solutions for Modern and Sustainable Agriculture. **Angewandte Chemie International Edition**, Alemanha, v. 52, [s.n], p. 9388-9398, 2013.

ARANTES, J. G. Z. et al. Seletividade do Clomazone no Manejo Químico de Plantas Daninhas da Cultura do Algodão LL (r). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 2, p. 283-293, 2015.

ARMEL, G. R. et al. Mesotrione alone and in mixtures with glyphosate in glyphosate-resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Cambridge, v. 17, n. 4, p. 680-685, 2003.

AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUEIRO, P. A. (Org.). **Aspectos da biologia e manejo de plantas daninhas**. Editora Rima, São Carlos, 1^aed. 2014, p. 217-234.

BAYER. **Soberan**, 2007. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/soberan>> Acesso em: 02 dez. 2017.

BEAUDEGNIES, R. et al. Herbicidal 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase inhibitors-A review of the triketone chemistry story from a Syngenta perspective. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, EUA, v. 17, n. 12, p. 4134-4152. 2009.

BELZ, R. G.; DUKE, S. O. Herbicides and plant hormesis. **Pest Management Science**, Grã-Bretanha, v. 70, n.5, p. 698-707, 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BIANCHI, M. A. et al. Manejo de plantas daninhas em cerais de inverno. In: MONQUEIRO, P., A. (Org.). **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas**. Editora Rima, São Carlos, 1^aed. 2014, p. 68-78.

BLANCO, H.G. et al. Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max* (L) Merril). **O Biológico**, Campinas-SP, v. 39, n. 2, p. 31-35, 1973.

BLAND, B. F. Oats. In: *Crop production: cereals and legums*. New York: **Academic Press**, EUA, 1^a ed. 1971, p.121-176.

BOND, J. et al. Glyphosate-resistant italian ryegrass (*Lolium perenne* ssp. *Multiflorum*) control with fall-applied residual herbicides. **Weed Technology**, Cambridge, v. 28, n. 2, p. 361-370, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRIGHENTI, A.M. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2004.

BURGOS, N. R. et al. Review: confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance. **Weed Science**, EUA, v.61, n.1, p.4-20, 2013.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends in Pharmacological Sciences**, Bruxelas, v. 23, n. 7, p. 331-337, 2002.

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

CARLETTI, R. Efeito do manejo de cortes sucessivos sobre a produção e qualidade de grãos de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba-PR, v.13, [s.n], p.125-133, 2015.

CARVALHO, F.P. et al. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Editado pelo autor, Lages-SC, 1 ed., 2013. 82 p.

CARVALHO DIAS, R. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência no milheto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 14, n. 4, p. 348-355, 2015.

CARVALHO DIAS, R. et al. Seletividade inicial de herbicidas aplicados em pós-emergência da crotalária. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 16, n. 1, p. 76-83, 2017.

CAVALIERI, S.D. et al. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida isoxaflutole. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 901-909, 2008.

CENCI, S. et al. Períodos de convivência entre o trigo e plantas daninhas combinados a regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 12, n. 2, p. 124-130, 2013.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Scientia Agricola**, Piracicaba-BR v.59, n.3, p.513-519, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5 - Safra 2017/18, n. 5, fevereiro 2018, Brasília-DF. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2016.

COSTA, L.O.; RIZZARDI, M.A. Resistance of *Raphanus raphanistrum* to the herbicide metsulfuron-methyl. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 181-187, 2014.

CRESTANI, M. et al. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, 2010.

CUNHA, F. N. et al. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v.15, n.2, p. 281-293, 2016.

DALAZEN, G.; KRUSE, N. D.; OLIVEIRA MACHADO, S. L. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e azevém. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 46, n. 4, p. 792-799, 2015.

DAMALAS, C. A . et al. Weed control and selectivity in maize (*Zea mays* L.) with tembotrione mixtures. **International Journal of Pest Management**, Inglaterra, v. 64, n. 1, p. 11-18, 2017.

DAN, H. A. et al. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do milheto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 4, p. 793-799, 2010a.

DAN, H.A. et al. Seletividade de clomazone isolado ou em mistura para a cultura do algodoeiro. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 601- 607, 2011.

DAN, H. A. et al. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha-MG**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010b.

DAN HESS, F. H. Light-dependent herbicides: Na overview. **Weed Science**, EUA, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

DE DAVID, F. A. et al. Selectivity of herbicides to erva-mate (*Ilex paraguariensis*) plants. **African Journal of Agricultural Research**. Nigéria, v. 12, n. 48, p. 3389-3398, 2017.

DE MORI, C. et al. **Uso de tecnologias em lavouras de trigo tecnicamente assistidas no Paraná - Safra 2012**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 31 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 148). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/988472/uso-de-tecnologias-em-lavouras-de-trigo-tecnicamente-assistidas-no-parana---safra-2012>>. Acesso em: 05 dez 2017.

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 26 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 136). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136.htm>. Acesso em: 06 dez. 2017

DEMÉTRIO, J.V.; DA COSTA, A. C. T; DE OLIVEIRA, P. S. R. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.42, n.2, p.198-205, 2012.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2^a ed., v. 1, 2003, 452 p.

DUKE, S. O. et al. Hormesis: Is it an important factor in herbicide use and allelopathy? **Outlooks on Pest Management**, Inglaterra, v. 17, n. 3, p.29-33, 2006.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; DE OLIVEIRA, A. C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética Fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa CNPS, 2006. 306 p.

EPAGRI. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. In: Florianópolis-SC: Epagri. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FERREIRA, L.C.; CATANEO, A.C. Aspectos bioquímicos da ação “de safeners”. **Boletim informativo da SBCPD**. São Paulo: SBCPD, v. 8, n. 2, p. 5-6, 2001.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxsulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

FERREIRA, E. A. et al. Toxidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Maranhão, v. 6, n.1, p. 84-92, 2012.

FIPKE, M. V. **Tolerância do feijoeiro ao herbicida tembotrione e habilidade competitiva da aveia branca em resposta à aplicação de inibidor de ácido giberélico**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, 2016. 182 f.

FLECK, N. G. et al. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 211-220, 2009.

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

FLECK, N. G. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p.101-111, 2008.

FREITAS, S. P. et al. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. spe, p. 1095-1103, 2009.

FONTES, J. R. A. et al. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas**. Documentos 103. Planaltina, 2003. 48 p.

GALON, L. et al. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 14, n. 2, p. 128-140, 2015.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009a.

GALON, L. et al. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS L. (Org). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, p. 37-74, 2009b.

GALON, L. et al. Interação competitiva de genótipos de arroz e papuã. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 533-542, 2014.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 10, n. 3, p. 291-304, 2011.

GALVÃO, J.C.C. et al. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 61, Suplemento, p.819-828, 2014.

GATZWEILER, E. et al. Weed spectrum and selectivity of tembotrione under varying environmental Conditions. **25th German Conference on Weed Biology and Weed Control**. Germany: Julius-Kühn-Archiv, n. 434, p.385-391, 2012.

GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**, Grã-Bretanha, v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.

GUARIENTI, E. M. et al. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso de déficit hídrico do solo no peso hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 25, n. 3, p. 412-418, 2005.

HARRISON, S.K.; LOUX, M.M. Chemical weed management. In: SMITH. A. E. (Org). **Handbook of weed management systems**. EUA: Marcel Dekker, Inc., 1995, p. 101-153.

HAWKES, T.R. Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (hppd) – the herbicide target. IN: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Org.): **Modern crop protection compounds**, v.1, 2007, p. 211-220.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. **Brazil**. Disponível em: <www.weedscience.com>. Acesso em: 04 jan. 2018.

IDZIAK, R. et al. The effect of mesotrione applied with adjuvants on weed control efficacy and forage sorghum tolerance. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Turquia, v. 37, n. 3, p. 265-270, 2013.

INMET Boletim Agroclimatológico: observações e gráficos do Boletim Agroclimatológico. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Gráficos>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

IQBAL, J.; WRIGHT, D. Effects of weed competition on flag leaf photosynthesis and grain yield of spring wheat. **Weed Research**, [S.I.], v.32, n.1, p.23-30, 1999.

KARAM, D. et al. Seletividade da cultura do milho ao herbicida clomazone por meio do uso de dietholate. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 2, n. 1, p. 72-79, 2003.

KASPARY, T.E. et al. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015.

KARPINSKI, R. A. K. **Seletividade e eficiência da associação dos herbicidas iodosulfuron-methyl e fenoxaprop-p-ethyl em cereais de inverno**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, Programa De Pós-Graduação em Agronomia – PPGA, Paraná, 2016. 62 f.

KLAJN, V. M. et al. Processamento hidrotérmico em escala industrial sobre parâmetros de qualidade em frações de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 44, n. 5, p. 931-936, 2014.

KLINGMAN, G.C.; ASTHON, F.M.; NOORDHOFF, L.J. **Weed Science: Principles and Practices**. EUA: **John Wiley & Sons, Inc.**, 1975. 431 p.

KRUSE, N. D. Inibidores da síntese de carotenoides. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre-RS, p. 113-122, 2001.

LAMEGO, F.P. et al. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 521-531. 2013.

LINDELL, S. et al. HPPD Herbicide-Safener Combinations as Resistance Breaking Solutions for 21st Century Agriculture. In: MAIENFISCH, et al.; **Discovery and Synthesis of Crop Protection Products**. ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, 2015, p. 219-231.

LUCHE, H. S. et al. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares brasileiras e estrangeiras de aveia branca. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas-RS, v. 19, [s.n], p. 31-40, 2013.

MACIEL, J.C. et al. Interferência de plantas daninhas no crescimento da cultura do trigo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MG, v. 4, n. 3, p. 23-29, 2017.

MANTAI, R. D. et al. The dynamics of panicles oat relations of with productivity by Nitrogen. **American Journal of Plant Sciences**, EUA, v. 7, n. 1, p.17-27, 2016.

MARCHIORO, V. S. et al. Estratégias para a modificação do potencial de rendimento de grãos em genótipos de aveia: época de semeadura e aplicação de fungicida. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 7, n. 1, p.33-36, 2001.

MEINERZ, G.R. et al. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba-SP, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011.

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

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo de cereais de inverno de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale**. Porto Alegre: NBS, 1983. 265p.

MÜLLER, L. M. et al. Rendimento industrial de cultivares e linhagens de aveia branca desenvolvidas pelo centro de genômica e fitomelhoramento. In: **XXXV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://www.rcbpa.com.br/xxxv/docs/trab-2-7455-136.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

NDIKURYAYO, F. 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibitors: From Chemical Biology to Agrochemical. **Jounal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 65, n. 39, p. 8523–8537, 2017.

NEGRISOLI, E. et al.; Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n.4, p.567-575, 2004.

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

OLIVEIRA, J. T. de. **Distribuição estacional de forragem, valor Nutritivo e rendimento de grãos de cereais de Inverno de duplo propósito**. Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação Em Agronomia, 2009. 92 f.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; INOUE, M. H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 22 ed., p. 243-261, 2011.

PAPA C. J. et al. Efecto del herbicida metsulfurón metil sobre el rendimiento de um cultivo de trigo pan. **Revista Para Mejorar la Producción**, Santa fé- Argentina, v.28, n.1, p.56-58, 2005.

PATAKY, J. K. et al. Genetic basis for varied levels of injury to sweet corn hybrids from three cytochrome P450 metabolized herbicides. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, EUA, v. 133, n. 1, p. 438-447, 2008.

PAULA, J. M. et al. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011.

PETR, J.; CERNY, V.; HRUSKA, L. Yield formation in cereals. In: **Yield formation in the main yield crops**. New York, v. 13, 1988, p. 72-153.

PINTO, J. J. O. et al. Controle de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 767-777, 2008.

PITELLI, R. A. Competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas. **Manejo de plantas daninhas nas culturas agrícolas** (organizado por Patrícia Andrea Monquero), Editora Rima, 1^aed., 2014. 288 p.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Minas Gerais, v. 11, n.129, p.16-27, 1985.

POLITOSKI, F.; MEINERZ, G.R.; JOHNE, J. Avaliação de cultivares de aveia branca para produção de silagem. In: **VI Jornada de Iniciação científica e tecnológica**. UFFS-Chapecó, Anais, Chapecó, v. 1, n. 6, 2016.

QUEIROZ, A. R. S. de. et al. Avaliação da tolerância de cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.) ao herbicida iodosulfuron. In: **XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**, Pelotas-RS, 2013.

R Development Core Team, R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing, 2016.

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

RIZZI, S. P. **Caracteres morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de aveia branca.** Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO, FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, Passo Fundo-RS, 2004. 97 f.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas.** 6. ed. Londrina: IAPAR, 2011. 697p.

ROSSI, L.; LÂNGARO, N. C. Características físicas que afetam o desempenho industrial de aveia branca. In: **XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**, Pelotas-RS, 2013. Disponível em: <http://cgfufpel.org/aveia/trabalhos/173.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 83-139.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S; SPERA, S.T. A Importância dos Cereais de Inverno para os Sistemas Agrícolas. In: SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T. (Ed.). **Sistemas de Produção para cereais de inverno sob plantio direto no Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 19-42, 2010.

SANTOS, J. C. dos et al. Efeito da época de aplicação de herbicidas sulfonilureias no controle de azevém anual na cultura do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 14, n. 2, p. 117-127, 2015.

SBCPD - Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SCHEUER, P.M. et al. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Paraíba, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SCHMITZ, M. F. et al. Fitotoxicidade de clomazone associado com dietholate à cultura do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 14, n. 4, p.288-295, 2015.

SCHULTE, W.; KÖCHER, H. Tembotrione and combination partner isoxadifen-ethyl – mode of herbicidal action. **Bayer CropScience Journal**, Alemanha, v. 62, n. 1, p. 35-52, 2009.

SENSEMAN, S.A. (Ed.) **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; Herbicidas: Classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F.S. (Org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 63-81.

SILVA, A. A. P. et al. Weed interference periods in early wheat in the midwest of paraná. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 291-298, 2016a.

SILVA, W. T. da, et al. Tolerância do sorgo biomassa ao herbicida tembotrione. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: Anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016b.

SILVA, J. R. V. et al. Uso de fluxofenim em trigo como protetor ao herbicida s-metolachlor. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 3, p.401-407, 2011.

SILVA, D. V. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura da mandioca. **Planta daninha**, Viçosa- MG, v. 30, n. 4, p. 835-841, 2012.

SILVA, J. C. da et al. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.

SILVEIRA, H. M. et al. Sensibilidade de cultivares de mandioca ao herbicida mesotrione. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina-PR, v. 11, n. 1, p. 24-31, 2012.

SOUZA, C. A. et al. Ensaio regional/brasileiro de linhagens de aveia-branca, em Lages SC, 2007. In: **REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA**, 28:2008, Pelotas, Resultados experimentais, Pelotas: UFPel, 2008. p. 192-195

SOUZA, C. A. et al. Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca, safra 2011 em Lages/SC. In: **REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA**, 32:2012, Passo Fundo. Resultados experimentais. Passo fundo: Embrapa, 2012. 1 CD-ROM.

SOUZA, C. A. et al. Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia Branca em Lages, 2015. In: **REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA**, 36:2016, Pelotas. Resultados experimentais. Pelotas: UFPel, 2016. p. 1-3.

SPONCHIADO, J.C.; SOUZA, C. A; COELHO, C.M.M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 35, n. 4, suplemento, p. 2405-2414, 2014.

SPONCHIADO, J. C. **Desempenho agronômico e qualidade de sementes de aveia branca produzidas no Planalto Catarinense**. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages-SC, 2012. 94 f.

SPONCHIADO, J. C. **Estratégias de manejo para altas produtividades na aveia branca**. Tese de doutorado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages-SC, 2017. 113 f.

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

TAKEITI, C. Y. **Trigo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Tecnologia de Alimentos, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlnqnt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html>. Acesso em: 15 dez. 2017.

TAVARES, L.C. et al. Desempenho de sementes de aveia branca recobertas com fontes e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 3, p. 352-355, 2015.

TEIXEIRA, M. F. F. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do sorgo sacarino. **Revista Espacios**, Venezuela, v. 38, n. 13, p. 18-26, 2017.

TIBURCIO, R. A. S. et al . Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 1, p. 65-73, 2012.

TUFFI SANTOS, L.D. et al. Intoxication of Eucalyptus Submitted to Different Herbicide Drift. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.

UIZURRUN, P.D.; LEADEN, M.I. Análisis de la sensibilidad de biotipos de *Lolium multiflorum* a herbicidas inhibidores de la enzima ALS, ACCasa y glifosato. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 667-673, 2012.

USDA.Grain: World Markets and Trade.**United States Environmental Protection Agency** Washington, D.C., 2018 Disponivel em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>> Acesso em: 18 dez. 2017.

VAN ALMSICK, A. et al., Tembotrione – a new exceptionally safe crossspectrum herbicide for corn production. **Bayer Cropscience Journal**, Alemanha, v. 62, n. 1, p. 5-16, 2009.

VARGAS et al. Manejo e controle de plantas daninhas em trigo. In: **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. VARGAS L.; ROMAM E.S. (Eds.) Editora Embrapa, Passo Fundo, 1^aed. 798 p, 2008a.

VARGAS, L.; ROMAM, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Editora Embrapa, Passo Fundo, 1^aed. 798 p, 2008b.

VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande-PA, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2012.

VELINI, E.D. et al. Growth Regulation and Other Secondary Effects of Herbicides. **Weed Science Society of America**, Washington, v.58, n. 3, p.351-354, 2010.

WANG, D, W. et al. Design, synthesis and herbicidal activity of novel quinazoline-2,4-diones as 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase inhibitors. **Pest Management Science**, EUA, v.71, n.8 p.1122–1132, 2015.

WEBER, F.H. et al. Processo de estabilização de farinha de aveia por imersão das cariopsis em água quente. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas-SP, v. 5, p.225-235, 2002.

WIEDMAN, S. J.; APPLEBY, A. P. Plant growth stimulation by sublethal concentrations of herbicides. **Weed Research**, [S.I.], v. 12, n. 1, p. 65–74, 1972.

WILLIAMS II, M. M.; PATAKY, J. K. Genetic Basis of Sensitivity in Sweet Corn to Tembotrione Source. **Weed Science Society of America**, Washington, v. 56, n.3, p.364-370. 2008.

WILLIAMS II, M. M.; PATAKY, J. K. Factors affecting differential sensitivity of sweet corn to HPPD-inhibiting herbicides. **Weed Science Society of America**, Washington v. 58, n. 3, p. 289-294, 2010.

YOUNG, B.G.; ZOLLINGER, R.K; BERNARDS. M.L. Variability of tembotrione efficacy as influenced by commercial adjuvant products. In: **62 of the North Central Weed Science Society Proceedings**. p. 141, 2007.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, [s.i], v.14, n.1, p.415-421, 1974.

ZAGONEL, J. Eficácia do herbicida Hussar (iodosulfuron methylsodium) no controle de plantas daninhas na cultura do trigo. In: **REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE**, 20. Resumos... Londrina, PR. Embrapa Soja/IAPAR: Londrina, PR, p.1-3, 2005.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicida**, Londrina-PR, v. 6, n. 2, p. 42-49, 2007.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Plantas daninhas em trigo - quando controlar. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas-RS, v. 12, n. 1, p. 26-28, 2010.

ZERA, F.S. et al. Tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) a herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.591-599, 2011.