

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Avena spp.: reação a nematoides-das-galhas, atividade nematicida e alelopática**

Cláudia Fernanda Carraro Lemes

Passo Fundo

2018

Cláudia Fernanda Carraro Lemes

*Avena* spp.: reação a nematoides-das-galhas, atividade nematicida e alelopática

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Simone Meredith Scheffer Basso

Passo Fundo

2018

CIP – Catalogação na Publicação

---

L552a Lemes, Cláudia Fernanda Carraro  
Avena spp.: reação a nemotoides-das-galhas, atividade nematicidade e  
alelopática. / Cláudia Fernanda Carraro Lemes. – 2018.  
94 f.; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo  
Fundo, 2018.

1. Aveia. 2. Alelopatia. 3. Aveia – Qualidade. I. Basso, Simone Meredith  
Scheffer, orientadora. II. Título.

CDU: 633.13

# ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



**PPGAgro**

Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

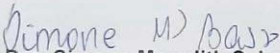
**Avena spp.: reação a nematoides-das-galhas, atividade nematicida e alelopática**


Elaborada por

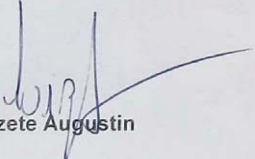
**Cláudia Fernanda Carraro Lemes**


Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em  
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

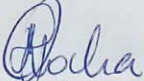
Aprovada em: 27/03/2018  
Pela Comissão Examinadora

  
**Dra. Simone Meredith Scheffer Basso**  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

  
**Dra. Carolina Cardoso Deuner**  
UPF

  
**Dra. Lizete Augustin**  
UPF

  
**Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi**  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
**Dr. Hélio Carlos Rocha**  
Diretor FAMV

## **DEDICATÓRIA**

Dedido à minha família, especialmente à minha mãe Mari Lourdes (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

A Deus, meu refúgio e fortaleza, por me permitir alcançar lugares distantes, abrindo diante de mim caminhos que me conduzem à sabedoria e ao conhecimento.

À minha mãe Mari Lourdes (*in memoriam*), quem me ensinou o caminho da persistência, da dedicação, a não me prostrar diante das dificuldades e a dar Graças a Deus em todas as circunstâncias.

Ao meu irmão, Mauricio, pela confiança depositada em mim e por ser uma pessoa da qual tenho muito orgulho.

Ao meu esposo, Adriano, pelo amor e apoio incondicionais e pelo companheirismo, que tornaram meus dias mais leves.

À minha orientadora, professora Dra. Simone Meredith Scheffer Basso, pela dedicação e comprometimento que se refletiram na excelente orientação que recebi e por almejar sempre o melhor para os alunos.

À professora Dra. Carolina Cardoso Deuner por toda a ajuda durante a execução dos trabalhos e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários e estagiários dos laboratórios de Nematologia e Fitopatologia, laboratório de Sementes e laboratórios do Instituto de Ciências Biológicas da UPF, que sempre foram prestativos e eficazes durante as atividades.

À Agroalpha, pelo auxílio financeiro concedido e por todo o suporte oferecido durante a execução dos trabalhos.

Aos professores do PPGAgro, que fizeram parte de minha formação acadêmica.

Aos meus colegas do PPGAgro, pela ajuda e acolhimento, pela amizade, pelas experiências compartilhadas e momentos de descontração que tivemos.

Aos meus amigos pelo apoio e pelas orações.

À professora Dra. Gisele Eliane Perissutti e à professora Dra. Elisete Maria de Freitas, que me introduziram ao caminho da pesquisa, por serem exemplo de vida, oferecendo-me preciosos conselhos que me incentivaram a seguir meu caminho. Obrigada pelo carinho com que lidam com os alunos.

À UPF e ao PPGAgro, pela oportunidade de realizar o curso.

À Capes, por conceder a bolsa de estudos.

## **EPIGRAFE**

“Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que, nas leis do universo, se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos”. (Albert Einstein)

“Coragem é a confiança que o homem tem em situações difíceis, é o que faz viver lutando e enfrentando os problemas e as barreiras que colocam medo, é a força positiva para combater momentos tenebrosos da vida”. (Dicionário Houaiss)



## RESUMO

Lemes, Cláudia Fernanda Carraro. *Avena* spp.: reação a nematoides-das-galhas, atividade nematocida e alelopática. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

Os caracteres fenotípicos de avaliação de germoplasma de aveia-branca (*Avena sativa*) e aveia-preta (*A. strigosa*) ainda não compreendem rotineiramente a reação aos nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.), a atividade nematocida e a ação alelopática. O uso desses atributos, na etapa de pré-melhoramento, possibilitaria o desenvolvimento de cultivares para distintas condições e sistemas de cultivo. Este trabalho avaliou a reação de *Avena* spp. a *M. javanica* e *M. incognita*, as atividades nematocida e alelopática por meio de bioensaios, cujos resultados são apresentados e discutidos separadamente neste documento, em três capítulos. Capítulo 1: Reação de *Avena* spp. a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. Genótipos de aveia-branca (UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana) e aveia-preta (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, Iapar 61 Ibiporã, UPFA 21 Moreninha, AF 12202) foram tesados quanto à reação aos nematoides, em duas concentrações de inóculo (*M. javanica*: 1.500 e 5.000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2); *M. incognita*: 1.500 e 2.900 ovos e J2). Os genótipos que apresentam reação de resistência nas duas concentrações de inóculo de *M. javanica* foram: IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, Embrapa 139; para *M. incognita*: IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, AF 12202, Embrapa 139. Capítulo 2: Atividade nematocida de extratos de *Avena* spp. a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. Elaboraram-se extratos aquosos brutos, em três concentrações (5, 10 e 20% p/v), com material vegetal seco da parte aérea de aveias-branca (UPFPS Farroupilha, AF 1345 Ucraniana) e aveias-preta (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139 e AF 12202). Aplicou-se em placas de Petri a suspensão com ovos dos nematoides e os extratos, com incubação em câmara de crescimento, por dez dias. Para *M. javanica* os extratos mais eficientes, em ordem decrescente, são: Embrapa 139, UPFPS Farroupilha, Agro Quaraí, AF 1345 Ucraniana, AF 12202, Agro Esteio; para *M. incognita*: Agro Quaraí e AF 1345 Ucraniana, UPFPS Farroupilha, Agro Esteio e AF 12202, Embrapa 139. Capítulo 3: Atividade alelopática de extratos de *Avena* spp. Foram testados 27 extratos aquosos brutos elaborados com a parte aérea de aveias-brancas (UPFPS Farroupilha e AF1345 Ucraniana) e aveias-pretas (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, AF12104, AF12109, AF12202 e AF12209), em três concentrações (5, 10 e 20% p/v), sobre a germinação e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.). O experimento foi conduzido em câmara de germinação durante quinze dias. Houve total inibição da germinação na concentração máxima do extrato e parcial a 10% p/v. A diferença genotípica foi melhor evidenciada a 5% p/v de concentração, observando-se, em ordem decrescente de efetiva ação alelopática na germinação e alongamento de raiz e hipocótilo (inibição >50%) os extratos de UPFPS Farroupilha, AF 12104, AF 1345 Ucraniana, Agro Quaraí, Embrapa 139, AF 12109, AF 12209, Agro Esteio, AF 12202. A variabilidade genotípica em *Avena* spp. quanto à reação aos nematoides-das-galhas, atividade nematocida e alelopática pode ser explorada em programas de melhoramento genético, a fim de agregar valor e oferecer elementos adicionais à escolha pelo produtor rural.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Alelopatia. 4. Bioensaios. 5. Nematoides-das-galhas.

## ABSTRACT

Lemes, Cláudia Fernanda Carraro. *Avena* spp.: reaction to root-knot nematodes, nematicidal and allelopathic activity. 94 f. Dissertation (Masters in Agronomy) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

The assessment of phenotypic traits of the white oat (*Avena sativa*) and black oat (*A. strigosa*) germplasm do not routinely comprise the reaction to the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), nematicidal activity and the allelopathic action. The use of this attributes, in the pre-breeding stage, would create the possibility of the development of cultivars for distinct conditions and cultivation systems. This work evaluated the reaction of *Avena* spp. to *M. javanica* and *M. incognita*, the nematicidal and allelopathic activities through bioassays, which results are presented and discussed separately in this document, in three chapters. Chapter 1: Reaction of *Avena* spp. to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. The white oat genotypes (UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana) and black oat ones (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, Iapar 61 Ibiporã, UPFA 21 Moreninha, AF 12202) were tested for nematode reaction in two inoculum concentrations (*M. javanica*: 1,500 and 5,000 eggs and second-stage juveniles (J2); *M. incognita*: 1,500 and 2,900 eggs and J2). The genotypes that presented resistance reaction to the two inoculum concentrations of *M. javanica* were: IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, Embrapa 139; for *M. incognita*: IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, AF12202, Embrapa 139. Chapter 2: Nematicidal activity of extracts of *Avena* spp. to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. Crude aqueous extracts were prepared in three concentrations (5, 10 and 20% w/v), with dry plant material from the aerial part of white oats (UPFPS Farroupilha, AF 1345 Ucraniana) and from black oats (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139 and AF 12202). The suspension with nematode eggs and extracts were incubated in the Petri dishes with incubation in a growth chamber for 10 days. For *M. javanica*, the most efficient extracts, in descending order, are Embrapa 139, UPFPS Farroupilha, Agro Quaraí, AF 1345 Ucraniana, AF 12202, Agro Esteio. For *M. incognita*: Agro Quaraí and AF 1345 Ucraniana, UPFPS Farroupilha, Agro Esteio and AF 12202, Embrapa 139. Chapter 3: Allelopathic activity of *Avena* spp. extracts. Twenty-seven crude aqueous extracts made from the aerial part of white oats (UPFPS Farroupilha and AF 1345 Ucraniana) and from black oats (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, AF 12104, AF 12109, AF 12202 and AF 12209) were tested in three concentrations (5, 10 and 20% w/v), over the germination and growth of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.). The experiment was conducted on a germination chamber for 15 days. There was total inhibition of germination at the maximum concentration of the extract and partial inhibition at 10% w/v. The genotypic difference was better evidenced at the concentration of 5% w/v, being observed, in descending order of effective allelopathic action in germination and root and hypocotyl elongation (inhibition >50%) the extracts from UPFPS Farroupilha, AF 12104, AF 1345 Ucraniana, Agro Quaraí, Embrapa 139, AF 12209, Agro Esteio and AF 12202. The genotypic variability in *Avena* spp. in relation to the reaction to root-knot nematodes, nematicidal and allelopathic activities can be explored in breeding programs in order to add value and offer additional elements to be chosen by the rural producer.

Keywords: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Allelopathy. 4. Bioassays. 5. Root-knot nematodes.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1	<i>Importância das aveias no controle de nematoides e de plantas daninhas</i>	16
2.2	<i>Nematoides-das-galhas</i>	20
2.3	<i>Interação molecular entre plantas e nematoides</i>	22
2.4	<i>Atividade nematicida de plantas</i>	23
2.5	<i>Atividade alelopática de plantas</i>	26
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I</b>	<b>29</b>
3.1	<i>Resumo</i>	29
3.2	<i>Introdução</i>	29
3.3	<i>Material e Métodos</i>	31
3.4	<i>Resultados</i>	34
3.4.1	<i>Reação de Avena spp. à M. javanica</i>	34
3.4.2	<i>Reação de Avena spp. à M. incognita</i>	36
3.5	<i>Discussão</i>	39
3.6	<i>Conclusões</i>	45
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II</b>	<b>46</b>
4.1	<i>Resumo</i>	46
4.2	<i>Introdução</i>	46
4.3	<i>Material e Métodos</i>	48
4.4	<i>Resultados</i>	51
4.4.1	<i>Eficiência de controle da eclosão de M. javanica</i>	51
4.4.2	<i>Eficiência de controle da eclosão de M. incognita</i>	52
4.4.3	<i>Efeito da concentração dos extratos na eficiência de controle da eclosão de juvenis de M. javanica e M. incognita</i>	53
4.5	<i>Discussão</i>	54
4.6	<i>Conclusões</i>	60
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO III</b>	<b>61</b>
5.1	<i>Resumo</i>	61
5.2	<i>Introdução</i>	61
5.3	<i>Material e Métodos</i>	64
5.4	<i>Resultados</i>	67

---

5.4.1	Efeito dos extratos sobre a germinabilidade das sementes	67
5.4.2	Efeito dos extratos sobre o alongamento das plântulas	69
5.5	<i>Discussão</i>	73
5.6	<i>Conclusões</i>	77
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL</b>	<b>82</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na implantação e condução do Sistema Plantio Direto é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção de uma quantidade mínima de palhada, além de outras características. O ideal seria uma planta que, além de produzir elevada quantidade de palha, exibisse alta taxa de absorção de nutrientes, tolerância ao déficit hídrico, facilidade de estabelecimento, rusticidade, resistência a pragas e doenças, além de efeito nematicida e alelopático, sobre nematoides e as plantas daninhas.

As aveias podem reduzir ou elevar a população dos nematoides-das-galhas (*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood e *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood, dependendo da reação dos genótipos ao patógeno e da ação de exsudatos radiciais sobre a eclosão e mortalidade de juvenis. O mesmo pode-se esperar quando da decomposição dos restos culturais das aveias sobre a germinação e o estabelecimento de plantas daninhas, dada à atividade alelopática dessas plantas.

Na descrição de *Avena* spp. para proteção de cultivares, os obtentores não tem a obrigatoriedade de informar sobre a reação e/ou ação dos genótipos aos nematoides-das-galhas, nem sobre a atividade alelopática vegetal. Assim, muito provavelmente, nem os obtentores, e, muito menos, os técnicos e os agricultores, tem conhecimento sobre a eficácia do cultivo de determinada cultivar de aveia na minimização da infestação dos nematoides e de plantas daninhas.

Portanto, se linhagens de aveia-branca (*Avena sativa* L.) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) fossem avaliadas precocemente quanto a tais aspectos, poderia haver avanços na seleção de materiais para o lançamento de cultivares e/ou uso como parentais. No entanto, mesmo para cultivares de aveia-branca e aveia-preta protegidas e/ou

registradas, são restritas as informações sobre seu desempenho frente aos nematoides, sua atividade nematicida e alelopática.

Para isso, é necessário saber:

Como se expressam genótipos de *Avena* spp. quando sujeitos a condições contrastantes de inóculo de nematoides-das-galhas?

Extratos aquosos brutos elaborados com a biomassa aérea de genótipos de aveia-branca e aveia-preta variam quanto à atividade nematicida e alelopática?

Neste estudo, foi testada a hipótese de que há variabilidade em *Avena* spp. quanto à reação aos nematoides-das-galhas, atividade nematicida e alelopática.

O objetivo geral do trabalho foi verificar se há variabilidade entre genótipos de aveia-branca e aveia-preta quanto à reação aos nematoides-das-galhas, à atividade nematicida e atividade alelopática vegetal.

Os objetivos específicos foram:

a) Avaliar se linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta diferem quanto à resistência ou suscetibilidade aos nematoides-das-galhas, sob duas concentrações de inóculo;

b) Avaliar se extratos aquosos de parte aérea de linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta exibem variação quanto ao efeito na eclosão de juvenis dos nematoides-das-galhas;

c) Avaliar se extratos aquosos de parte aérea de linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta exibem variação quanto aos efeitos alelopáticos na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.).

Os resultados deste trabalho incrementarão o conhecimento sobre aveia-branca e aveia-preta cultivadas no Brasil, podendo subsidiar programas de melhoramento genético e estratégias de comercialização das cultivares, atribuindo valor agregado ao produto e proporcionando maior segurança ao produtor quanto ao uso desses materiais.

A inclusão da reação aos nematoides, da atividade nematicida e alelopática nos descritores de *Avena* L. poderá alavancar o desenvolvimento de cultivares com características agronômicas relevantes, agregando valor às mesmas e proporcionando maior segurança ao produtor quanto ao uso desses materiais.

Este trabalho está organizado da forma que nesta Introdução foi apresentada a problemática, a hipótese, os objetivos e a justificativa. O próximo componente deste trabalho - Revisão da Literatura - apresenta aspectos conceituais sobre o sujeito (*Avena* spp.) e o objeto da pesquisa (nematoides-das-galhas e alelopatia), com as principais descobertas sobre o assunto ocorridas nos últimos dez (10) anos nas principais revistas científicas da área. No capítulo I são apresentados e discutidos os resultados de quatro experimentos sobre a reação de genótipos de aveias aos nematoides-das-galhas sob condições contrastantes de concentração de inóculo. No capítulo II são apresentados e discutidos os resultados de dois experimentos referentes à atividade nematicida de extratos aquosos de parte aérea de aveias sobre a eclosão de juvenis dos nematoides-das-galhas. No capítulo III são apresentados e discutidos os resultados de um experimento referente à atividade alelopática de extratos aquosos de parte aérea de aveias sobre a germinação e crescimento de plântulas de alfaca. Por fim, apresenta-se as Considerações Finais e a Conclusão Geral.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Importância das aveias no controle de nematoides e de plantas daninhas

A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é a principal gramínea utilizada para a formação de cobertura de inverno em áreas que antecedem as culturas de verão. Já, a aveia-branca (*A. sativa* L.) tem seu cultivo voltado, principalmente, à produção de grãos. No entanto, para ambas há o reconhecimento que podem atuar positiva ou negativamente na população de nematoides-das-galhas e de plantas daninhas, dependendo da cultivar. Por isso, a identificação da reação de linhagens e cultivares de aveias quanto à resistência e/ou suscetibilidade aos nematoides-das-galhas, ao efeito nematicida e alelopático é fundamental para subsidiar os programas de melhoramento de *Avena* spp.

As aveias possuem a característica de inibir a germinação de sementes e o crescimento das plântulas, devido à liberação de aleloquímicos (BERTOLDI et al., 2009; VARGAS; ROMAN, 2006), podendo gerar resultados satisfatórios no controle de plantas daninhas. Além disso, podem reduzir a população de nematoides-das-galhas (*M. javanica* e *M. incognita*) em áreas infestadas, interrompendo seu ciclo de desenvolvimento (BORGES et al., 2009). Tais nematoides são fitopatógenos que causam perdas significativas em diversas culturas (KARURI et al., 2017). A capacidade reprodutiva dos nematoides contribui para o rápido crescimento populacional no campo, além de se adaptarem facilmente às condições do solo por onde se distribuem e pelo elevado número de espécies vegetais hospedeiras, tornando-os de difícil controle (BARKER, 2003).

Assim, é preciso que sejam propostas medidas alternativas e ecologicamente viáveis para o controle de nematoides, o que inclui o controle de plantas daninhas que podem tornar-se hospedeiras alternativas (PRICE; REEVES; PATTERSON, 2006). A



rotação de culturas, utilizando plantas antagonistas e/ou não hospedeiras pode ser uma alternativa para o controle de fitonematoides e de plantas daninhas, devido à cobertura morta e à intensa produção de matéria seca formada pelos restos culturais que antecedem a cultura principal (MACHADO et al., 2015; MIAMOTO et al., 2016; NIRO et al., 2016).

Dessa forma, o manejo dos nematoides-das-galhas pode ser feito por meio do uso de cultivares resistentes de *Avena* spp. que possam reduzir a densidade populacional da praga pois os nematoides não se multiplicarão em raízes de cultivares resistentes ou não hospedeiras (BORGES et al., 2009). Porém, os genótipos exibem variabilidade quanto à resistência ou suscetibilidade aos nematoides (MACHADO et al., 2015). Por isso, é necessário verificar a reação das linhagens e cultivares aos nematoides (BORGES et al., 2009; MACHADO et al., 2015).

Plantas suscetíveis podem apresentar reação de resistência quando expostas a altas densidades populacionais de nematoides, o que remete à necessidade de verificar como se comportam os genótipos sob maior e menor concentração de inóculo. Quando há maior competição entre os indivíduos pelo sítio de infecção e alimentação no hospedeiro, as raízes são menos infectadas e as plantas apresentam reação de resistência (ANDREAZI et al., 2015; SHIGUEOKA et al., 2016). Andreazi et al. (2015) destacaram que experimentos conduzidos com diferentes concentrações de inóculo são importantes para classificar as cultivares resistentes e suscetíveis em diferentes níveis de resistência e suscetibilidade aos nematoides.

Em trabalho realizado anteriormente, Shigueoka et al. (2016) observaram que o Fator de Reprodução (FR) de 11 genótipos de café (*Coffea* sp.) aumentou quando as raízes das plantas estiveram em contato com 1.000 ovos (menor concentração) de *Meloidogyne paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos e Almeida em comparação com o FR quando as raízes das plantas estiveram em contato com 1.400 ovos (maior concentração) do nematoide. Nesse trabalho também observou-se que as cultivares resistentes apresentaram diferentes níveis de resistência quando submetidas às duas concentrações de inóculo. Estudo realizado por Andreazi et al. (2015) que objetivou avaliar a reação de duas cultivares de café a *M. paranaensis* sob os níveis de infestação de 500, 1.500, 3.000,

5.000 e 8.000 ovos demonstrou que ambas as cultivares foram resistentes em todas as concentrações de inóculo, com diferentes níveis de resistência. Sera et al. (2009) avaliaram a reação de duas cultivares de café a *M. paranaensis* nas concentrações de 500, 1.000, 1.500 e 2.000 ovos por planta e verificaram que as cultivares apresentaram resistência moderada quando submetidas às concentrações de 500 e 1.000 ovos. Já, nas concentrações de 1.500 e 2.000 ovos as cultivares foram classificadas como suscetíveis, demonstrando a possibilidade de resistência de cultivares quando inoculadas com menores concentração de inóculo e reação de suscetibilidade, quando inoculadas com maiores concentração de inóculo.

A maioria das informações contidas na literatura sobre reação de espécies de plantas a nematoides são obtidas com base em uma única concentração de inóculo utilizada nos experimentos. São escassos os trabalhos de reação de espécies de plantas a nematoides sob distintas concentrações de inóculo. A variabilidade quanto a reação de genótipos de aveias a *M. javanica* e *M. incognita* foi demonstrada em trabalhos anteriores quando os genótipos foram submetidos a uma única concentração de inóculo.

A variabilidade genotípica em aveia-branca quanto a reação *M. javanica* e *M. incognita* raça 3 foi identificada quando inoculadas com 2.000 ovos de cada espécie (MACHADO et al., 2015). Variabilidade interespecífica em aveia-branca e aveia-preta foi observada quando inoculadas com 1.000 ovos e J2 de isolados de *M. incognita* raça 4 provenientes das regiões de São Paulo e Bahia. Os genótipos de aveia-preta mostraram-se suscetíveis a todos os isolados do nematoide. O genótipo de aveia-branca mostrou-se resistente ao isolado proveniente de São Paulo e suscetível ao isolado da Bahia (BORGES et al., 2009).

A inclusão de diferentes genótipos de aveia-branca e aveia-preta resistentes aos nematoides-das-galhas em sistemas de rotação e/ou sucessão de culturas pode contribuir, não somente para a redução da população do fitopatógeno, mas também poderá suprimir plantas daninhas, devido ao seu potencial alelopático (KULCHESKI, 2007; HAGEMANN et al., 2010).

A rotação de culturas tem como objetivo alternar espécies vegetais em uma mesma área agrícola. Esse procedimento influencia positivamente na recuperação, manutenção e melhoria dos recursos naturais, aumentando a produtividade, com mínima alteração ambiental (FRANCHINI et al., 2011). Além disso, seu uso contínuo tende a preservar e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, auxiliando no controle de doenças e pragas e na supressão de plantas daninhas. Algumas espécies vegetais utilizadas em rotação cultural restringe a multiplicação dos nematoides. Isso porque determinadas plantas produzem compostos orgânicos capazes de controlar as populações do fitopatógeno, podendo ser alternativas ao uso de defensivos (GARDIANO et al., 2011; HAGEMANN et al., 2010; MATEUS et al., 2014; NEVES et al., 2008).

Em aveias, algumas substâncias químicas foram identificadas decorrentes da interação entre patógeno e hospedeiro. Dentre essas substâncias estão as lectinas, que são glicoproteínas associadas ao bloqueio de quimiorreceptores de nematoides, dificultando a localização da planta hospedeira pelo parasita (LACERDA et al., 2017; MARBAN-MENDONZA et al., 1987; MOLAN et al., 2000). Essa substância está associada ao sistema de defesa da planta contra predadores e patógenos e também está associada com as interações simbióticas entre planta hospedeira e microrganismos fixadores de nitrogênio (DE HOOFF; BRILL; HIRSCH, 2009).

As aveias são dotadas de substâncias tóxicas estruturais pré-formadas que constituem uma barreira de defesa física e química restringindo a infecção por patógenos. Como exemplo desses compostos está a avenacina A-1, a lignina e a suberina. A síntese desses compostos pela planta ocorre em maior intensidade quando a mesma for atacada por fitopatógenos (MERT-TÜRK; EGESEL; GÜL, 2005; MERT-TÜRK, 2006; SORIANO et al., 2004). O hormônio metil jasmonato, derivado do ácido jasmônico, responsável pela regulação vegetal e defesa da planta, foi identificado em aveia-branca. Esse hormônio é indutor da síntese de flavonas em resposta ao ataque de nematoides, podendo ser indicativo de resistência da planta ao patógeno (SORIANO et al., 2004).

A escopoletina (6-metoxi-7-hidroxi-cumarina), pertencente à classe das cumarinas e os ácidos ferúlico, cumárico, siríngico, vanílico e p-hidroxibenzóico, pertencentes aos

ácidos fenólicos, foram identificados em aveia inibindo a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (ESPOSITO et al., 2008; FAY; DUKE, 1977; GUENZI; MCCALLA, 1966; GUENZI; MCCALLA; NORSTADT, 1967; JACOBI; FLECK, 2000; LUPINI et al., 2014). Essas mesmas substâncias podem também estar associadas à inibição da eclosão de *M. javanica* e *M. incognita*, o que necessita estudos futuros.

## 2.2 Nematoides-das-galhas

Os nematoides-das-galhas são vermes de tamanho microscópico e, geralmente, não visíveis a olho nu, atuando como parasitas obrigatórios de raízes de plantas. Dentre os nematoides do gênero *Meloidogyne*, destacam-se *M. javanica* e *M. incognita* como os mais relevantes no Brasil e um dos principais problemas fitossanitários de diversas culturas, podendo inviabilizar algumas áreas de cultivo (KARURI et al., 2017). A estimativa das perdas causadas por essas espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* em diversas culturas por todo o mundo somam \$173 bilhões (ELLING, 2013). No Brasil, tratando-se da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), as perdas são de aproximadamente \$250 milhões e os danos na cultura podem variar de 10 a 100% (DIAS et al., 2010).

Os altos índices de perdas e danos causados pelos nematoides são estimados porque nem sempre sua presença é reconhecida nas lavouras pelos agricultores e quando as plantas apresentam sintomas devido à infecção por nematoides, são confundidos com sintomas causados por deficiência nutricional ou por ataque de outros patógenos. Com isso, a identificação das meloidoginoses tornam-se tardias fazendo com que a infestação de nematoides adquira uma proporção que os torna de difícil controle (HENNING et al., 2014).

As espécies de nematoides *M. javanica* e *M. incognita* podem atuar em complexos de doenças tornando o hospedeiro suscetível a infecções por outros patógenos por meio de alterações fisiológicas que causam, além de serem vetores de vírus, bactérias e fungos (GRIGOLLI; ASMUS, 2014, p. 194). Esses nematoides possuem alto grau de polifagia, facilidade de se adaptar às condições edafoclimáticas, dificultando o controle.

Disseminam-se facilmente por meio de máquinas agrícolas e pelas atividades humanas (INOMOTO; ASMUS, 2006; KARURI et al., 2017). O plantio direto associado ao sistema de monocultivo contribui para o aumento populacional dos nematoides, devido à formação de camadas compactadas no solo, que limita o desenvolvimento radicial das plantas em profundidade, concentrando-se na superfície, onde a maioria dos nematoides se localiza (DALLA CORTE et al., 2014). Assim, a escolha do hospedeiro pode contribuir para o rápido crescimento populacional do nematoide.

As espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* são endoparasitas sedentários e seu ciclo de vida consiste em seis estádios fenológicos: ovo, quatro estádios larvais (juvenis) e estágio adulto. Em condições desfavoráveis de parasitismo, o juvenil de quarto estágio (J4) se diferencia em macho adulto, vermiforme e abandona o hospedeiro. Em condições favoráveis de parasitismo, o J4 se diferencia em fêmea adulta, com formato de pêra, que pode completar seu ciclo de vida em menos de um mês parasitando a raiz. Cada fêmea deposita cerca de dois mil ovos (FERRAZ; MONTEIRO, 2011, p. 287-291; WILLIAMSON; GLEASON, 2003). A fase infectiva é atribuída ao juvenil de segundo estágio (J2), que penetra na raiz da planta hospedeira e migra pelo seu cilindro vascular por meio da força mecânica do estilete, causando degradação enzimática da parede celular para formação do sítio de infecção e alimentação (GHEYSEN; FENOLL, 2002). A injeção de hormônios e enzimas pelo nematoide após o seu estabelecimento na raiz induz alteração na fisiologia da raiz como consequência da modificação do ciclo celular, balanço hormonal e expressão gênica, resultando na formação das galhas (BIRD; OPPERMAN; DAVIES, 2003). As galhas surgem nas raízes do hospedeiro como sintoma típico do ataque desses nematoides e são conhecidas como hiperplasia, consistindo em engrossamento das células do córtex radicial dificultando a absorção de água e nutrientes, afetando o crescimento das plantas podendo torná-las totalmente improdutivas (DEUNER; GHISSI; TEDESCO, 2012, p.385-394; ESCOBAR et al., 2015, p. 12-15). As galhas podem surgir em número e tamanho variados, dependendo da suscetibilidade das cultivares e da densidade populacional do nematoide (HENNING et al., 2014).

Outros sintomas do ataque dos nematoides podem surgir no hospedeiro como consequências da infestação por nematoides. Em áreas com cultivo de soja, por exemplo,

é possível observar a ocorrência de reboleiras e as folhas exibem manchas cloróticas ou necroses entre as nervuras, conhecidas como “folha-carijó”. As consequências das fitonematoses em soja são abortamento das vagens e amadurecimento prematuro. A planta apresenta redução do tamanho ou, até mesmo, morrem (GRIGOLLI; ASMUS, 2014, p. 195-196).

Partindo-se da identificação de qual espécie de nematoide que infecta o solo e o nível populacional, é necessário estabelecer estratégias de manejo, visto que o produtor nada poderá fazer durante a safra. Dentre as estratégias de manejo estão a rotação de culturas com espécies antagonistas ou não hospedeiras, o controle genético, utilizando cultivares resistentes ou tolerantes e o controle químico (ARAÚJO; BRAGANTE; BRAGANTE, 2012). Dessas, as mais eficientes são a rotação de culturas e o controle genético (MACHADO et al., 2015; MACHADO; ARAÚJO FILHO, 2016; MUKHTAR et al., 2017). Quanto ao tratamento químico, não há evidências científicas de nematicidas com potencial de reduzir a população de nematoides na área (ARAÚJO; BRAGANTE; BRAGANTE, 2012; GRIGOLLI; ASMUS, 2014). Os resultados de controle de nematoides pelo tratamento de sementes com nematicidas químicos evidenciam curto período de proteção, atingindo até trinta dias após a emergência das plântulas (CABRERA et al., 2009; FASKE; STARR, 2007).

Como medida de controle complementar, em situações de elevada infestação de nematoides, é necessário que sejam eliminadas as plantas daninhas da área, já que contribuem para a sobrevivência e reprodução do parasita e para isso, a rotação de culturas com cultivares resistentes aos nematoides é recomendada (FERRAZ; PITELLI; FURLAN, 1978).

### **2.3 Interação molecular entre plantas e nematoides**

A eclosão dos juvenis das espécies de fitonematoides e conseqüentemente sua penetração nos tecidos radiciais das plantas pode ser influenciada por vários fatores, entre eles, as substâncias produzidas e liberadas pelas plantas (DIAS-ARIEIRA, et al., 2008). A interação molecular entre a planta e o nematoide pode ser compatível ou incompatível,

sendo determinada pela exsudação radicial de compostos orgânicos, por parte da planta, que podem ser atrativas ou não ao fitopatógeno. Isso determinará o aumento ou a diminuição de indivíduos da população fitoparasita em áreas de cultivo (FARIA et al., 2003). Quando a interação é compatível, ocorre a invasão do tecido vegetal pelo nematoide e a formação dos sítios de infecção e alimentação permanentes (DAVIS; HUSSEY; BAUM, 2004). A interação é incompatível quando a planta apresenta mecanismos bioquímicos de defesa, relacionados à síntese de metabólitos primários, secundários ou à presença de genes de resistência. Plantas não hospedeiras ou antagonistas não liberam exudatos atrativos no solo, mas sim, repelentes, impedindo a migração e o estabelecimento do parasitismo dos nematoides à raiz (FRAGOSO et al., 2007; MATEUS et al., 2014). Plantas podem ser resistentes a nematoides e quando invadidas por eles, o parasitismo não é estabelecido devido a mecanismos de resistência (FRAGOSO et al., 2007). Em aveias não há informações sobre parâmetros genéticos de resistência aos nematoides-das-galhas, o que dificulta o desenvolvimento de cultivares resistentes (MACHADO et al., 2015).

Marini et al. (2016) compararam a resistência e suscetibilidade das cultivares de aveia-branca IPR Afrodite e URSFAPA Slava, respectivamente, por meio de métodos histopatológicos, ao inocularem 2.000 ovos de *M. incognita* nas raízes das plantas. As observações feitas pelos autores constataram redução na penetração de juvenis do nematoide nas raízes da cultivar resistente IPR Afrodite em comparação com URSFAPA Slava, o que causou atraso no desenvolvimento do fitonematoide. Nas raízes de IPR Afrodite foram observadas células lignificadas e espaços intracelulares preenchidos com fenóis, indicativo da resposta de defesa da planta ao ataque do nematoide. Esses dados sugerem que a composição química varia entre genótipos, o que pode ser determinante para sua resistência ou suscetibilidade ao patógeno em questão. Por sua vez, esse fator pode determinar, ainda, uma possível ação nematicida dos genótipos com maior concentrações de compostos tóxicos aos nematoides.

## **2.4 Atividade nematicida de plantas**



A utilização de culturas que proporcionem formação de biomassa e apresentem características nematicidas sobre os nematoides-das-galhas é uma alternativa prática, econômica e ambientalmente viável (GARDIANO et al., 2011). Devido ao alto grau de polifagia desses patógenos, facilidade de disseminação e a baixa eficácia quanto ao uso de nematicidas químicos, a busca por medidas alternativas visando a supressão da população de nematoides em áreas de cultivo é necessária, incluindo o controle cultural (CABRERA et al., 2009). No entanto, o agricultor necessita de informações sobre o desempenho das espécies com esse potencial.

A eclosão dos juvenis das espécies de fitonematoides pode ser influenciada por exsudatos liberados pelas plantas (DIAS-ARIEIRA, et al., 2008). Quando os exsudatos exercem efeito sobre a eclosão dos juvenis dos nematoides, causam desintegração da camada vitelínica dos ovos permitindo a passagem de toxinas do ambiente para o interior dos ovos, inibindo a eclosão (STIRLING, 1993). A produção de enzimas pelos nematoides torna-se deficiente, assim como a ação das enzimas sobre a hidrólise de lipídeos ligados à camada lipoprotéica do ovo, que são armazenados como reservas energéticas corporais nos nematoides. As reservas energéticas na forma lipídica são necessárias para locomoção, infectividade e reprodução do nematoide (ROCHA et al., 2009). Quanto maior for o tempo para o juvenil eclodir após exposição ao exsudato, maior será o consumo de lipídeos, comprometendo sua sobrevivência em comparação com os nematoides que eclodem normalmente logo após a exposição aos exsudatos (DIAS-ARIEIRA et al., 2008; GOELLNER et al., 2000).

O efeito de extratos de plantas sobre a eclosão de juvenis pode ser distinto, dependendo da planta e da espécie do nematoide em estudo. Lacerda et al. (2017) demonstraram que o efeito inibitório sobre a eclosão de juvenis de *M. incognita* foi mais intenso do que o efeito sobre a eclosão de juvenis de *M. javanica*. A aplicação de lectinas extraídas de plantas de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) inibiram a eclosão dos juvenis de *M. incognita* já no primeiro dia de exposição ao composto químico, enquanto que os juvenis de *M. javanica* tiveram a eclosão inibida a partir do sexto dia de exposição.



Trabalhos têm sido conduzidos visando selecionar plantas que sejam efetivas no controle de nematoides, como medida alternativa ao controle químico. O efeito nematicida *in vitro*, com percentuais de mortalidade de J2 de *M. incognita* superiores a 75%, foi observado em extratos aquosos de agrião-do-brejo (*Eclipta alba* L. Hassk), alfavaca (*Ocimum basilicum* L.), artemísia (*Artemisia vulgaris* L.), chambá (*Justicia pectoralis* var. *stenophylla* Leonard), lombrigueira (*Spigelia anthelmia* L.) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) (MARTINS; SANTOS, 2016). Morillo e Silva (2011) verificaram até 97% de inibição da eclosão de juvenis de *Meloidogyne enterolobii* Yang e Eisenback ao aplicarem extratos aquosos de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.). Com aplicação no solo de extratos aquosos de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), orégano (*Origanum vulgare* L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper e Tracer) e melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.), Gardiano et al. (2011) verificaram redução no número de ovos em 28, 28, 44 e 60%, respectivamente, do nematoide *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira.

Plantas com atividade nematicida sintetizam substâncias que podem ser deletérias aos nematoides, podendo ser liberadas ao solo por meio do cultivo da planta ou aplicadas isoladamente. O ácido asparagúsico que foi isolado de aspargo (*Asparagus officinalis* L.), o  $\alpha$ -terthienyl isolado de cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) e o alcaloide monocrotalina isolado da crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.) (EVERALDO et al., 2008; GOMMERS, 1981).

As aveias também sintetizam substâncias que podem ser utilizadas como alternativa ao uso de defensivos, além de servir como possíveis fontes de novos compostos (NIRO et al., 2016). No entanto, mesmo que algumas substâncias já tenham sido identificadas em aveias, são raros os trabalhos empregando a eficiência de extratos dessa cultura sobre a eclosão de juvenis dos nematoides. Estudos desse tipo visam subsidiar práticas alternativas de controle dos nematoides-das-galhas por meio do controle cultural, pois o controle de nematoides pelo tratamento de sementes com nematicidas químicos evidenciam curto período de proteção (CABRERA et al., 2009; GARDIANO et al., 2009; GARDIANO et al., 2011). Além disso, essas substâncias podem ter ação, inclusive, sobre plantas daninhas.

## 2.5 Atividade alelopática de plantas

Alelopatia pode ser definida como qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico, que um organismo exerce sobre outro, pela produção de compostos químicos liberados no ambiente. Tratando-se de plantas, os aleloquímicos são substâncias finais ou intermediárias do metabolismo secundário, biossintetizadas a partir de compostos originados do metabolismo primário (RICE, 1984, p. 1-8).

A constituição química das plantas varia de acordo com a influência da hereditariedade (composição genética), ontogenia (estádio de desenvolvimento da planta) e do ambiente, em que o perfil químico dos acessos avaliados sofre interferência dos fatores bióticos e abióticos (ALVES et al., 2010). Os aleloquímicos mais comuns pertencem ao grupo dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzoico, taninos e quinonas (FERREIRA; AQUILA, 2000; WANDSCHEER et al., 2011).

A liberação de aleloquímicos no solo pelas plantas é influenciada por vários fatores, dentre eles o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra. O florescimento é o estágio em que há maior concentração de compostos na planta e, conseqüentemente, maior liberação ao solo (KANCHAN; JAYACHANDRAN, 1979; SCHUMACHER; THILL; LEE, 1983). Os aleloquímicos se difundem no solo por meio de volatilização, lixiviação e tecidos vegetais em decomposição (MEDEIROS; LUCCHESI, 1993). Seus efeitos podem variar quanto à intensidade, concentração e são condicionados pelas características do solo, temperatura e condições hídricas. Podem produzir diferentes reações, positivas ou negativas, por meio de interações entre os organismos (MACIAS et al. 2007; MARASCHIN-SILVA; AQUILA, 2006).

Na literatura encontramos trabalhos visando a prospecção de espécies vegetais quanto à atividade alelopática (DUKE et al., 2002), como por exemplo, as aveias. O uso dessa planta para produção de forragem e cobertura do solo pode ser uma alternativa para supressão de plantas daninhas, com grande efeito na proteção e melhoria das condições físicas e sanitárias do solo (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003). Trabalhos realizados

anteriormente comprovaram que o acúmulo de biomassa de aveia-preta sobre o solo controlou a densidade de papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch, proporcionando, inclusive, aumento da produção de grãos na cultura da soja (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). A supressão de plantas daninhas e de trigo (*Triticum aestivum* L.) por meio da incorporação de biomassa verde ao solo de aveia-preta foi comprovada, com resultados que destacaram a cultura em estudo como importante ferramenta para supressão de plantas daninhas e trigo voluntário em áreas de cultivo na Europa Central (BRUST; GERHARDS, 2012).

O cultivo de aveias pode influenciar as condições do solo por meio da exsudação de substâncias alelopáticas e a intensa formação de palhada pode diminuir a incidência de luz sobre o solo, pode inibir a germinação de sementes, que também poderá ser influenciada negativamente pela diminuição da incidência de luz sobre o solo (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Porém, há indicativos de que genótipos de aveias exibem variabilidade quanto à atividade alelopática e essa atividade pode ser atribuída à sua capacidade de exsudar escopoletina, um dos compostos já identificados em aveias (FAY; DUKE, 1977; JACOBI; FLECK, 2000).

Jacobi e Fleck (2000) avaliaram a alelopatia de aveia-branca sobre o crescimento e desenvolvimento de plântulas de trigo e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e evidenciaram que os genótipos mais alelopáticos foram os que apresentaram concentrações mais elevadas de escopoletina. Hagemann et al. (2010) verificaram variabilidade quanto à atividade alelopática de genótipos de aveia-branca e aveia-preta sobre a germinação de sementes de azevém e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.). Além disso, observaram que os genótipos mostraram maior variação sob a menor concentração de extrato (25%) em relação às concentrações mais elevadas (50 e 100%).

Os programas de melhoramento genético da cultura da aveia tem desenvolvido cultivares com características agronômicas superiores, especialmente, quanto à produção e qualidade de grãos (BARBOSA NETO et al., 2000) no caso de aveia-branca, e para produção de forragem, em se tratando de aveia-preta. No entanto, há carência de informações a respeito das substâncias químicas vinculadas às defesas e/ou atividade

nematicida e alelopática do germoplasma, o que poderia servir como critério adicional na seleção das linhagens. A caracterização de substâncias químicas em aveia possibilitará a identificação de compostos bioativos do germoplasma para novos cultivos, agregando valor e qualidade ao produto e ao melhoramento genético (ALVES et al., 2010).

### 3 CAPÍTULO I

Reação de *Avena* spp. a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*

#### 3.1 Resumo

O objetivo desse trabalho foi verificar se há variabilidade inter e intraespecífica em aveia quanto à reação a *M. javanica* e *M. incognita*. Testou-se os genótipos de aveia-branca UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, IPR Afrodite e AF1345 Ucraniana e os de aveia-preta Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, Iapar 61 Ipirorã, UPFA 21 Moreninha e AF 12202. Realizou-se dois experimentos para cada espécie de nematoide, em duas concentrações de inóculo, que foi extraído das raízes de tomateiro e 1 mL da suspensão foi inoculado em cada planta. Para *M. javanica* os genótipos foram testados com concentração de 5.000 e 1.500 ovos e juvenis de segundo estágio (J2), e para *M. incognita*, nas concentrações de 2.900 e 1.500 ovos e J2. As plantas foram mantidas em câmara de crescimento climatizada, a  $23 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12h. Sessenta dias após a inoculação, extraiu-se ovos e J2 das raízes para contagem com o auxílio de uma câmara de Peters, ao microscópio óptico. Determinou-se o fator de reprodução (FR) dos nematoides classificando os genótipos como resistentes ou suscetíveis. Os genótipos resistentes e os mais estáveis quanto à variação do fator de reprodução de *M. javanica* foram IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha e Embrapa 139. Os genótipos resistentes e os mais estáveis quanto à variação do fator de reprodução de *M. incognita* foram IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro e UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, AF 12202 e Embrapa 139. Os genótipos mais instáveis quanto à variação do FR das duas espécies de nematoides foram de aveia-preta. A variabilidade em *Avena* spp. quanto à reação a *M. javanica* e *M. incognita* possibilita o uso desse atributo em programas de melhoramento.

Palavras-chave: 1. Aveia. 2. Controle genético. 3. Nematoides-das-galhas. 4. Resistência. 5. Suscetibilidade.

#### 3.2 Introdução

A aveia (*Avena* spp., Poaceae) é amplamente cultivada na região Sul do Brasil como cultura de inverno, sucedendo as culturas de verão com distintas finalidades (AHMAD; GUL-ZAFFAR; HABIB, 2014). A principal aptidão da aveia-branca (*A. sativa* L.) é a produção de grãos, ao passo que a aveia-preta (*A. strigosa* Schreb.) é utilizada, principalmente, na formação de pastagens e para cobertura do solo. Ambas as espécies são alternativas à melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, auxiliando no controle de doenças e pragas (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003),

como os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood e *M. incognita* (Kofoid e White) Chitwood), que causam danos severos em diversas espécies agrícolas em todo o mundo (KARURI et al., 2017).

A dinâmica das populações estabelecidas de nematoides numa área é principalmente governada pela planta hospedeira (OOSTENBRINK, 1966, p. 8-10). Por isso, a rotação ou sucessão de culturas com espécies resistentes e/ou antagonistas pode suprimir o nível populacional dos nematoides, podendo ser alternativa ao uso de defensivos (MACHADO et al., 2015; MIAMOTO et al., 2016; NIRO et al., 2016). Cultivares de aveia podem ser recomendadas para essa prática, desde que sejam resistentes, pois os nematoides não se multiplicam em raízes de plantas que apresentam esse tipo de reação. Por isso, a avaliação de genótipos de aveia quanto a esse atributo deveria ser feita ainda na seleção das linhagens, mediante bioensaios. Machado et al. (2015) atestaram variabilidade em aveia-branca quanto à reação a *M. javanica* e *M. incognita*. Borges et al. (2009) afirmaram que há variabilidade em aveia-branca e aveia-preta quanto à reação a *M. incognita* raça 4. Como a reação das plantas aos nematoides-das-galhas depende da concentração do inóculo, tais avaliações teriam que ocorrer sob concentrações contrastantes de inóculo. Plantas suscetíveis podem apresentar reação de resistência quando expostas a altas densidades populacionais de nematoides, pois quando há maior competição entre os indivíduos pelo sítio de infecção e alimentação no hospedeiro, as raízes são menos infectadas e o fator de reprodução (FR) fica abaixo de 1,0 (ANDREAZI et al., 2015; SHIGUEOKA et al., 2016), indicando resistência. Shigueoka et al. (2016) observaram que o FR de genótipos de café aumentou quando as raízes das plantas estiveram em contato com menor concentração de *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos e Almeida (1.000 ovos) em comparação com o FR sob maior concentração de inóculo (1.400 ovos), o que alterou a reação de resistência.

O sintoma típico do ataque desses nematoides é a hiperplasia, que é o engrossamento das células do córtex radicial, chamado de ‘galha’, o que dificulta a absorção de água e nutrientes, afetando o crescimento das plantas e podendo torná-las totalmente improdutivas (DEUNER; GHISSI; TEDESCO, 2012, p.385-394; ESCOBAR

et al., 2015, p. 12-15). Esses nematoides possuem alto grau de polifagia e facilidade de se adaptar às condições edafoclimáticas, dificultando o controle (CABRERA et al., 2009).

O objetivo desse trabalho foi verificar se há variabilidade inter e intraespecífica em aveia (*Avena* spp.) quanto à reação a *M. javanica* e *M. incognita*, sob duas concentrações de inóculo. Os resultados incrementarão o conhecimento sobre as principais espécies de aveia cultivadas no Brasil, podendo subsidiar programas de melhoramento genético e estratégias de comercialização das cultivares, atribuindo valor agregado ao produto e proporcionando maior segurança ao produtor quanto ao uso desses materiais.

### **3.3 Material e Métodos**

#### **Material Vegetal**

Os genótipos testados neste estudo foram desenvolvidos por diferentes obtentores (Agroalpha, Embrapa, IAPAR e Universidade de Passo Fundo), sendo três cultivares (UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, IPR Afrodite) e uma linhagem de aveia-branca (AF1345 Ucraniana), cinco cultivares (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, Iapar 61 Ibiporã, UPFA 21 Moreninha) e uma linhagem de aveia-preta (AF 12202). Foi incluída como testemunha resistente, a crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.), e como testemunhas suscetíveis, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill ‘Nidera 6909 IPRO’) e o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. ‘Santa Clara’). As testemunhas foram incluídas a fim de confirmar que as condições ambientais eram adequadas aos experimentos e para confirmação da viabilidade do inóculo.

#### **Delineamento da pesquisa**

A pesquisa foi explicativa experimental, do tipo associação com interferência, com abordagem quantitativa. Foram testados 13 tratamentos, dos quais dez eram os genótipos de aveia e três, as testemunhas. Quatro bioensaios foram estabelecidos, dois para *M. javanica* e dois para *M. incognita*, empregando-se duas concentrações de inóculo. Para

*M. javanica*, foram usadas concentrações de 5.000 (Experimento I) e 1.500 (Experimento II) ovos e juvenis de segundo estágio (J2); para *M. incognita* foram usadas as concentrações 2.900 (Experimento III) e 1.500 (Experimento IV) ovos e J2. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com seis repetições para os experimentos com a maior concentração de inóculo e três repetições para os experimentos com a menor concentração de inóculo. As unidades experimentais foram os vasos plásticos.

### **Local e período**

Os experimentos foram realizados de outubro de 2016 a setembro de 2017, em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, em câmara de crescimento climatizada.

### **Inóculo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita***

O isolado de *M. javanica* foi obtido de raízes de soja infectadas, provenientes do município de Almirante Tamandaré do Sul, Rio Grande do Sul. O isolado de *M. incognita* raça 3 foi obtido de raízes de tomateiro infectadas, provenientes do município de Barreiras, Bahia. A identificação das espécies de nematoides foi realizada com base no padrão perineal das fêmeas (INOMOTO, 2016, p. 271-272).

Os isolados foram multiplicados em plantas de tomateiro que foram mantidas em câmara de crescimento, a  $27 \pm 3$  °C e fotoperíodo de 12h. O inóculo foi extraído das raízes por trituração em liquidificador com solução de hipoclorito de sódio 0,5%, de acordo com Bonetti e Ferraz (1981). A contagem de ovos e J2, presentes na suspensão foi realizada com o auxílio de uma câmara de Peters ao microscópio óptico.

Dez sementes dos genótipos de aveia e das testemunhas foram semeadas nos vasos preenchidos com 1 L de substrato composto por areia:solo, na proporção 2:1, autoclavado por 2h a 120 °C. Dez dias após a germinação fez-se o desbaste deixando-se duas plântulas por vaso. Dois dias após o desbaste foi pipetada 1 mL da suspensão a 4 cm de profundidade e a 1 cm das plântulas. Após a inoculação, as plantas foram mantidas em



câmara de crescimento climatizada, a  $23 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12h, com molhamento diário.

### **Avaliações**

Sessenta dias após a inoculação (DAI), as raízes das duas plantas de cada vaso foram separadas da parte aérea, lavadas, cortadas em pedaços de aproximadamente 1 cm e colocadas para secar em papel absorvente, determinando-se, assim, a massa fresca total do sistema radicial. Em seguida procedeu-se a extração e a contagem de ovos e J2 da mesma forma como ocorreu na etapa de obtenção do inóculo.

Determinou-se, diretamente, a densidade populacional final (Pf), que é o número de ovos e J2 encontrado no sistema radicial de cada planta, e, indiretamente, calculou-se a densidade populacional relativa final de nematoides, que é o número de ovos e J2 por grama de massa fresca de raiz. A partir do valor da Pf calculou-se o fator de reprodução de nematoides ( $FR = \text{densidade final} / \text{densidade inicial}$ ) de acordo com Oostenbrink (1966, p. 8-10). A densidade inicial foi considerada o número de ovos e J2 presentes na suspensão por ocasião da inoculação.

A contagem dos nematoides foi feita para as duas plantas de cada vaso e, a partir disso, fez-se a média para cada unidade experimental. Pelo fator de reprodução de nematoides nas raízes das plantas, os genótipos de aveia foram classificados como resistentes ( $FR < 1$ ) ou suscetíveis ( $FR \geq 1$ ) (OOSTENBRINK, 1966, p. 8-10).

Por fim, o FR de *M. javanica* e *M. incognita* nas raízes das aveias foram comparados nas duas concentrações de inóculo dos nematoides, verificando-se a estabilidade da reação dos genótipos. Foram considerados estáveis os genótipos que não alteraram a reação de resistência em ambas as concentrações de inóculo.

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), com uso do programa estatístico Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Reação de *Avena* spp. à *M. javanica*

Nos dois bioensaios, com maior e menor concentração de inóculo, houve reação de suscetibilidade do tomateiro (FR=60,4; FR=34,5) e a soja (FR=8; FR=16,6) e reação de resistência da crotalária (FR=0,13; FR=0,04). Estes dados comprovam a viabilidade do inóculo e das condições ambientais em que os experimentos foram conduzidos. Com relação às aveias, todos os genótipos foram resistentes à maior concentração de inóculo (5.000 ovos e J2 por planta), em que a população de nematoide teve FR de 0,02 a 0,57 (Tabela 1). Entre os genótipos verificou-se diferença de níveis de resistência, de acordo com o valor do FR do nematoide, em que o grupo com maior resistência (IPR Afrodite, UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, AF 1345 Ucraniana, UPFA 21 Moreninha, Agro Esteio e AF 12202) mostrou FR significativamente inferior ao grupo de menor resistência (Embrapa 139, Iapar 61 Ibiporã e Agro Quaraí).

Sob a menor concentração do inóculo (1.500 ovos e J2 por planta) houve reação de suscetibilidade de quatro genótipos de aveia-preta (AF 12202, Iapar 61 Ibiporã, Agro Esteio e Agro Quaraí), já que o FR foi superior a 1 (Tabela 1). Os demais genótipos mantiveram a reação de resistência, tal como ocorreu sob maior concentração de inóculo. Por outro lado, AF 1345 Ucraniana, IPR Afrodite, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha e Embrapa 139 foram resistentes ao fitopatógeno em maior e menor concentração do inóculo, com FR entre 0,02 a 0,87 (Tabela 1).

Nos dois bioensaios, com maior e menor concentração de inóculo, houve variação dos genótipos quanto ao FR de *M. javanica* nas raízes (Figura 1). Os genótipos de aveia-branca foram os mais estáveis com relação à essa variação. Os genótipos mais instáveis

quanto à variação do FR do nematoide foram de aveia-preta que apresentaram reação de suscetibilidade quando submetidos a menor concentração de inóculo.

Tabela 1 – Densidade populacional final absoluta e relativa, de *Meloidogyne javanica*, fator de reprodução e reação dos genótipos de aveia-branca e aveia-preta sob duas concentrações de inóculo. Passo Fundo – 2016-2017

Genótipos	Densidade absoluta (nº de ovos e J2 /planta)	Densidade relativa (nº de ovos e J2/g de raiz)	Fator de Reprodução (FR)	Reação <sup>1</sup>
Concentração de inóculo: 5.000 ovos e J2				
IPR Afrodite <sup>2</sup>	115 b	17 c	0,02 b	R
UPFPS Farroupilha <sup>2</sup>	1057 b	329 b	0,21 b	R
UPFA Ouro <sup>2</sup>	1069 b	133 c	0,21 b	R
AF 1345 Ucraniana <sup>2</sup>	1120 b	76 c	0,22 b	R
UPFA 21 Moreninha <sup>3</sup>	1432 b	152 c	0,28 b	R
Agro Esteio <sup>3</sup>	1462 b	171 c	0,29 b	R
AF 12202 <sup>3</sup>	1455 b	179 c	0,29 b	R
Embrapa 139 <sup>3</sup>	2033 a	284 b	0,41 a	R
Iapar 61 Ibiporã <sup>3</sup>	2201 a	169 c	0,44 a	R
Agro Quaraí <sup>3</sup>	2845 a	528 a	0,57 a	R
CV (%)	59,4	56,8	59,4	
Concentração de inóculo: 1.500 ovos e J2				
AF 1345 Ucraniana <sup>2</sup>	30 b	3 b	0,02 b	R
IPR Afrodite <sup>2</sup>	43 b	8 b	0,03 b	R
UPFA Ouro <sup>2</sup>	366 b	65 b	0,25 b	R
UPFPS Farroupilha <sup>2</sup>	386 b	61 b	0,26 b	R
UPFA 21 Moreninha <sup>3</sup>	873 b	138 b	0,58 b	R
Embrapa 139 <sup>3</sup>	1306 b	335 b	0,87 b	R
AF 12202 <sup>3</sup>	2006 a	354 b	1,34 a	S
Iapar 61 Ibiporã <sup>3</sup>	2989 a	337 b	1,99 a	S
Agro Esteio <sup>3</sup>	3083 a	776 a	2,06 a	S
Agro Quaraí <sup>3</sup>	3496 a	787 a	2,33 a	S
CV (%)	58,5	73,2	58,5	

Fonte: Dados do autor

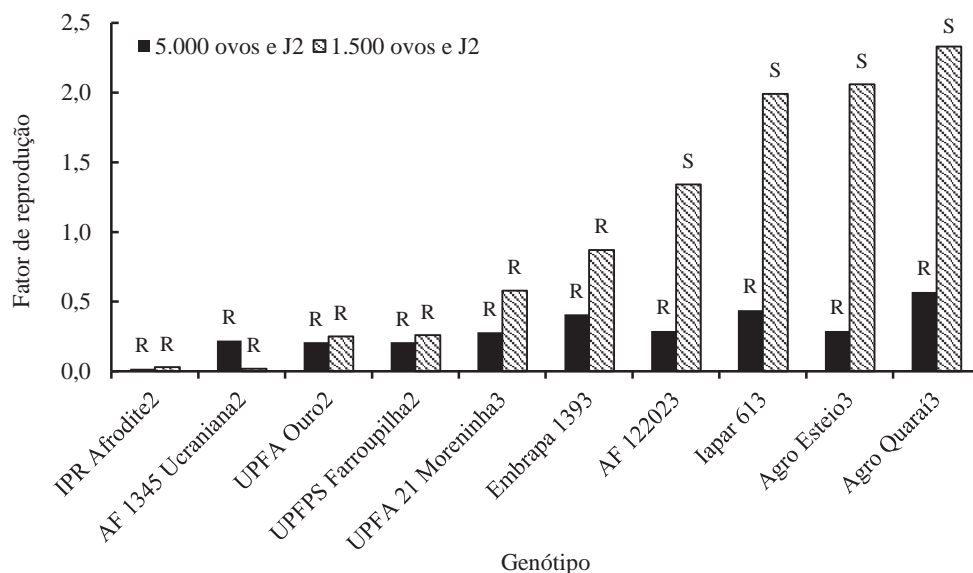
Nota: Em cada concentração de inóculo, médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p>0,05).

FR do tomateiro nas concentrações de inóculo 5.000 e 1.500 ovos e J2: 60,4; 34,5.

FR da soja nas concentrações de inóculo 5.000 e 1.500 ovos e J2: 8; 16,6.

<sup>1</sup> R: Resistente; S: Suscetível. <sup>2</sup> Aveia-branca. <sup>3</sup> Aveia-preta.

Figura 1 – Estabilidade da reação (1) de genótipos de aveia (*Avena* spp.) determinada pelo fator de reprodução de *Meloidogyne javanica* em duas concentrações de inóculo. Passo Fundo – 2016-2017



(1) R: Resistente; S: Suscetível.

<sup>2</sup> Aveia-branca. <sup>3</sup> Aveia-preta.

### 3.4.2 Reação de *Avena* spp. à *M. incognita*

Nos dois bioensaios, com maior e menor concentração de inóculo, houve reação de suscetibilidade do tomateiro (FR=34,7; FR=26,3) e da soja (FR=10,7; 10,5) e reação de resistência da crotalária (FR=0,04; FR=0,04). Estes dados comprovam a viabilidade do inóculo e das condições ambientais em que os experimentos foram conduzidos. Os genótipos de aveias, exceto Iapar 61 Ibiporã, apresentaram reação de resistência a *M. incognita*, com FR do nematoide entre 0,01 e 0,74 (Tabela 2).

Entre os genótipos verificou-se diferença de níveis de resistência, de acordo com o FR do nematoide. Os genótipos mais resistentes foram IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro, Agro Quaraí e PFPS Farroupilha, com FR variando de 0,01 a 0,45 (Tabela 2). Esses genótipos apresentaram FR significativamente inferior ao grupo de menor

resistência (UPFA 21 Moreninha, Agro Esteio, AF 12202 e Embrapa 139), com FR variando de 0,62 a 0,74 (Figura 2).

Tabela 2 – Densidade populacional final absoluta e relativa, de *Meloidogyne incognita*, fator de reprodução e reação dos genótipos de aveia-branca e aveia-preta sob duas concentrações de inóculo. Passo Fundo – 2016-2017

Genótipos	Densidade absoluta (n° de ovos e J2 /planta)	Densidade relativa (n° de ovos e J2/g de raiz)	Fator de Reprodução (FR)	Reação <sup>1</sup>
Concentração de inóculo: 2.900 ovos e J2				
IPR Afrodite <sup>2</sup>	20 c	7 b	0,01 c	R
AF 1345 Ucraniana <sup>2</sup>	97 c	13 b	0,03 c	R
UPFA Ouro <sup>2</sup>	723 c	355 b	0,25 c	R
Agro Quaraí <sup>3</sup>	940 c	456 b	0,32 c	R
UPFPS Farroupilha <sup>2</sup>	1326 c	958 a	0,45 c	R
UPFA 21 Moreninha <sup>3</sup>	1803 b	755 a	0,62 b	R
Agro Esteio <sup>3</sup>	1863 b	838 a	0,64 b	R
AF 12202 <sup>3</sup>	2126 b	719 a	0,73 b	R
Embrapa 139 <sup>3</sup>	2136 b	1059 a	0,74 b	R
Iapar 61 Ipirorã <sup>3</sup>	3634 a	406 b	1,25 a	S
CV (%)	77,1	85,5	77,1	
Concentração de inóculo: 1.500 ovos e J2				
AF 1345 Ucraniana <sup>2</sup>	7 b	1 c	0,00 b	R
IPR Afrodite <sup>2</sup>	17 b	4 c	0,01 b	R
UPFPS Farroupilha <sup>2</sup>	116 b	25 c	0,08 b	R
UPFA Ouro <sup>2</sup>	123 b	20 c	0,08 b	R
UPFA 21 Moreninha <sup>3</sup>	580 b	78 c	0,39 b	R
AF 12202 <sup>3</sup>	893 b	114 c	0,60 b	R
Embrapa 139 <sup>3</sup>	1406 a	234 b	0,94 a	R
Agro Quaraí <sup>3</sup>	2000 a	433 a	1,33 a	S
Agro Esteio <sup>3</sup>	2010 a	456 a	1,34 a	S
Iapar 61 Ipirorã <sup>3</sup>	2200 a	232 b	1,47 a	S
CV (%)	52,8	84,3	52,8	

Nota: Em cada concentração de inóculo, médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p>0,05).

FR do tomateiro nas concentrações de inóculo 5.000 e 1.500 ovos e J2: 34,7; 26,3.

FR da soja nas concentrações de inóculo 5.000 e 1.500 ovos e J2: 10,7; 10,5.

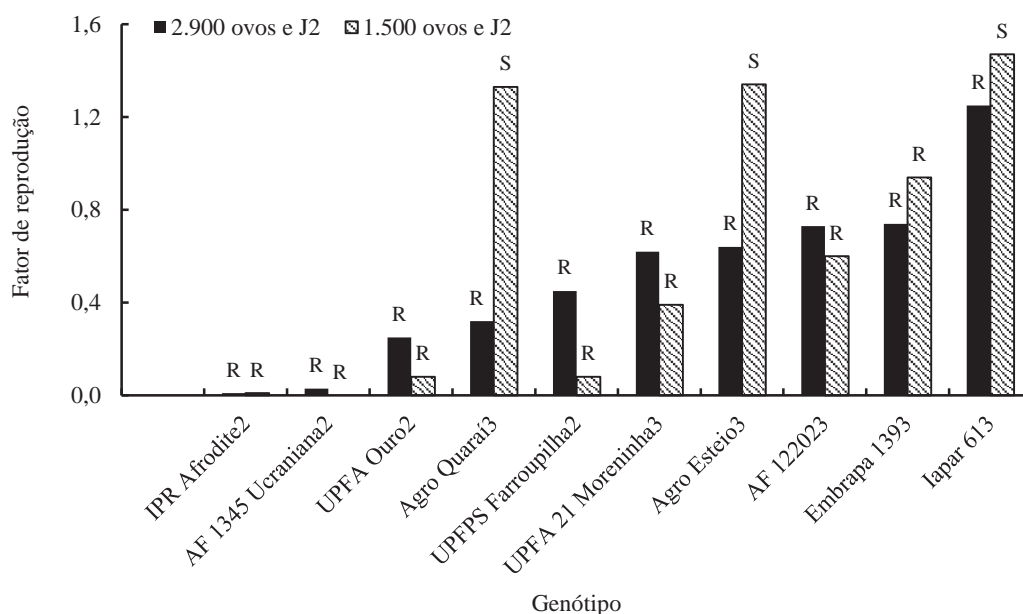
<sup>1</sup> R: Resistente; S: Suscetível. <sup>2</sup> Aveia-branca. <sup>3</sup> Aveia-preta.

Ao diminuir a concentração do inóculo (1.500 ovos e J2 por planta), houve variação quanto à reação dos genótipos e duas cultivares de aveia-preta, Agro Quaraí e Agro Esteio

apresentaram reação de suscetibilidade a *M. incognita*, juntamente com a cv. Iapar 61 Ibioporã, que se manteve na mesma categoria (suscetível) independentemente da concentração de inóculo. Por outro lado, os genótipos AF 1345 Ucraniana, IPR Afrodite, UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, UPFA 21 Moreninha, AF 12202 e Embrapa 139 foram resistentes sob maior e menor concentração de inóculo, com FR variando entre 0 e 0,94.

Nos dois bioensaios, com maior e menor concentração de inóculo, houve variação dos genótipos quanto ao FR de *M. incognita* nas raízes (Figura 2). Os genótipos de aveia-branca foram os mais estáveis com relação à essa variação (Figura 2). Os genótipos mais instáveis quanto à variação do FR de *M. incognita* foram de aveia-preta, que apresentaram reação de suscetibilidade quando submetidos à menor concentração de inóculo (Figura 2).

Figura 2 – Estabilidade da reação (1) de genótipos de aveia (*Avena spp.*) determinada pelo fator de reprodução de *Meloidogyne incognita* em duas concentrações de inóculo. Passo Fundo – 2016-2017



(1) R: Resistente; S: Suscetível.

<sup>2</sup> Aveia-branca. <sup>3</sup> Aveia-preta.

### 3.5 Discussão

Neste estudo testou-se a hipótese de que há variabilidade em genótipos de aveias quanto à reação à *M. javanica* e *M. incognita*, inclusive, quando os genótipos são submetidos a diferentes concentrações de ambas as espécies de nematoides.

Os FRs dos nematoides nas raízes das plantas testemunhas suscetíveis (tomateiro e soja), e da testemunha resistente (crotalária), confirmaram a viabilidade do inóculo e das condições ambientais em que os experimentos foram conduzidos, o que valida os resultados aqui obtidos. A reação confirma o que é posto sobre a resistência ou suscetibilidade das espécies usadas como testemunhas para os nematoides-das-galhas (MACHADO et al., 2015; MIAMOTO et al., 2016; RIEDE et al., 2015).

Dentre as duas espécies de aveia aqui testadas, verificou-se que os genótipos de aveia-branca destacaram-se positivamente em relação às aveias-pretas, já que mantiveram reação de resistência independentemente da concentração de inóculo (Tabelas 1 e 2). Em aveia-preta verificou-se que apenas as cvs. UPFA 21 Moreninha e Embrapa 139 foram resistentes a *M. javanica* sob as duas concentrações de inóculo (Tabela 1). Para *M. incognita* os genótipos de aveia-preta que foram resistentes sob as duas concentrações de inóculo foram UPFA 21 Moreninha, AF 12202 e Embrapa 139 (Tabela 2). Já, a linhagem AF 12202 e as cvs. Agro Quaraí, Agro Esteio e Iapar 61 Ibiporã mostraram suscetibilidade quando da redução da concentração do inóculo de *M. javanica*, evidenciando menor estabilidade genética frente a essa espécie de nematoide. Em *M. incognita*, o mesmo ocorreu com as cvs. Agro Quaraí e Agro Esteio, que sob a menor concentração de inóculo, tiveram reação de suscetibilidade ao fitopatógeno. Esse fenômeno é relatado na literatura e é atribuído ao fato de que baixa densidade populacional de nematoides nas raízes das plantas dificulta a competição entre os indivíduos, facilitando o parasitismo. Plantas suscetíveis podem apresentar reação de resistência quando expostas a altas densidades populacionais de nematoides (ANDREAZI et al., 2015; SHIGUEOKA et al., 2016). Isso reitera a reação de suscetibilidade dos genótipos de aveia-preta, testados neste trabalho,

quando submetidos às menores concentrações de inóculo de *M. javanica* e *M. incognita*. A reação de resistência e/ou suscetibilidade dos genótipos em estudo depende, inclusive, da concentração do inóculo (ANDREAZI et al., 2015; SHIGUEOKA et al., 2016).

Dentre as aveias-brancas, foi na cv. IPR Afrodite e linhagem AF 1345 Ucraniana que se observou os menores FRs de *M. javanica* e *M. incognita* (Tabelas 1 e 2). O maior grau de resistência da cv. IPR Afrodite a ambas as espécies de nematoides converge aos resultados de pesquisas já realizadas com essa cultivar (MARINI et al., 2016; RIEDE et al., 2015). Marini et al. (2016) constataram redução na penetração de juvenis do nematoide nas raízes da cv. IPR Afrodite, ao passo que nas raízes da cv. URS Fapa Slava houve maior penetração de juvenis. Nas raízes de IPR Afrodite, os autores observaram células lignificadas e espaços intracelulares preenchidos com fenóis, indicativo da resposta de defesa da planta ao ataque do nematoide. Isso sugere que o perfil químico dos genótipos de aveias é um dos fatores determinantes da reação destes aos nematoides-das-galhas.

Neste trabalho, a cv. Iapar 61 Ibitiporã, sob maior concentração de inóculo, mostrou-se resistente à *M. javanica* e suscetível à *M. incognita* (Tabela 2). Machado et al. (2015) identificaram reação de suscetibilidade dessa cultivar a *M. javanica* e *M. incognita* raça 3 quando submetida à inoculação com 2.000 ovos de nematoides. Já, Gardiano et al. (2012) e Moritz, Simão e Carneiro (2003) verificaram reação de resistência dessa cultivar à *M. incognita* quando inoculada com  $\geq 5.000$  ovos e J2. Essa variação de resposta da cv. Iapar 61 Ibitiporã quanto à reação à *M. javanica* e *M. incognita* pode ser explicada pela variabilidade genética do genótipo em resposta à virulência de diferentes isolados da mesma espécie de nematoide (BORGES et al., 2009; HAGEMANN et al., 2010).

Embora a cv. Embrapa 139 tenha se mostrado resistente quando inoculada com menor concentração de *M. javanica* e *M. incognita*, o FR de ambas as espécies de nematoides nas raízes esteve muito próximo de 1 (Tabelas 1 e 2). Isso sugere que o cultivo de plantas com tal característica poderia aumentar a densidade populacional do fitopatógeno em áreas que apresentem baixa densidade populacional dos nematoides.



Comparando o FR de *M. javanica* nos genótipos submetidos às duas concentrações de inóculo (Figura 1), os materiais mais estáveis foram de aveia-branca, com destaque para IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro e UPFPS Farroupilha. Já, os genótipos mais estáveis de aveia-preta para *M. javanica* foram UPFA 21 Moreninha e Embrapa 139. Os genótipos de aveia-preta mais instáveis quanto ao FR foram os que apresentaram reação de suscetibilidade quando submetidos à menor concentração de inóculo do nematoide (AF 12202, Iapar 61 Ibitiporã, Agro Esteio e Agro Quaraí).

Quanto ao FR de *M. incognita* nos genótipos submetidos à maior e menor concentração de inóculo, constata-se que os genótipos mais estáveis foram de aveia-branca IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro e UPFPS Farroupilha (Figura 2). Os genótipos de aveia-preta mais estáveis foram UPFA 21 Moreninha, AF 12202 e Embrapa 139. Os genótipos mais instáveis quanto ao FR foram os que apresentaram reação de suscetibilidade quando submetidos à menor concentração de inóculo do nematoide, que foram as cultivares de aveia-preta Agro Quaraí, Agro Esteio e Iapar 61 Ibitiporã.

A alteração da reação de genótipos sob maior e menor concentração de nematoides foi verificada em culturas, como café (*Coffea* sp.), por exemplo. Shigueoka et al. (2016) observaram que o FR de 11 genótipos de café aumentou quando as raízes das plantas estiveram em contato com menor concentração de *M. paranaensis* (1.000 ovos) em comparação com o FR sob maior concentração de inóculo (1.400 ovos), o que alterou a reação de resistência. Por outro lado, nessa mesma cultura, Andreati et al. (2015) não verificaram diferença de reação de duas cultivares de café nas concentrações entre 500 e 8.000 ovos de *M. paranaensis*, mas os níveis de resistência dos genótipos sofreram alteração. No trabalho de Sera et al. (2009) sob concentrações de 500 a 2.000 ovos por planta de *M. paranaensis*, as duas cultivares de café avaliadas apresentaram resistência moderada sob 500 e 1.000 ovos do nematoide e suscetíveis quando submetidas à inoculação com 1.500 e 2.000 ovos. Dessa forma, o uso de diferentes concentrações de inóculo é importante para classificar a reação de cultivares aos nematoides (ANDREATI et al., 2015).

Comparando a densidade absoluta final de *M. javanica* e *M. incognita* nas raízes dos genótipos de aveias, encontrou-se maior densidade absoluta final de *M. incognita* sob maior concentração de inóculo em comparação com *M. javanica* (Tabelas 1 e 2) confirmando indicativo de que *M. incognita* tem maior habilidade reprodutiva em aveias, principalmente, em aveia-preta (BORGES et al., 2009). *M. incognita* é também mais agressivo às raízes das plantas em comparação com *M. javanica* (INOMOTO, 2016, p. 272), o que pode ocasionar sua maior capacidade de infecção do tecido radicial. No entanto, quando os genótipos foram testados sob menores concentrações de inóculo, observou-se maior densidade populacional absoluta final de *M. javanica* nas raízes em relação a *M. incognita* (Tabelas 1 e 2). Isso reitera a necessidade de elucidação da interação bioquímica entre *Avena* spp. e *Meloidogyne* spp., conforme destacado por Marini et al. (2016).

A reação das aveias aqui testadas demonstra que há efeito genotípico quanto à reação aos nematoides *M. javanica* e *M. incognita*. Sabe-se que a eclosão dos juvenis das espécies de fitonematoides e, conseqüentemente, sua penetração nos tecidos radiciais das planta, pode ser influenciada por vários fatores, entre eles, as substâncias produzidas e liberadas pelas plantas (DIAS-ARIEIRA, et al., 2008). A interação molecular entre a planta e o nematoide pode ser compatível, como ocorre em hospedeiros favoráveis ou incompatível, em hospedeiros desfavoráveis, sendo determinada pela exsudação de compostos orgânicos pelas raízes da planta, que podem ser atrativas ou não ao fitopatógeno. Isso determinará o aumento ou a diminuição de indivíduos da população fitoparasita (FARIA et al., 2003). Plantas não-hospedeiras ou antagonistas não liberam exsudatos atrativos no solo, mas sim, repelentes, impedindo a migração e o estabelecimento do parasitismo dos nematoides à raiz (SANTANA et al., 2012).

Em aveias, algumas substâncias químicas foram identificadas decorrente da interação entre patógeno e hospedeiro. Dentre essas substâncias estão as lectinas, que são glicoproteínas associadas ao bloqueio de quimiorreceptores de nematoides, dificultando a localização da planta hospedeira pelo parasita (LACERDA et al., 2017; MARBAN-MENDONZA et al., 1987; MOLAN et al., 2000). Essa substância está associada ao

sistema de defesa da planta contra predadores e patógenos e também está associada com as interações simbióticas entre planta hospedeira e microrganismos fixadores de nitrogênio (DE HOOFF; BRILL; HIRSCH, 2009).

As aveias são dotadas de substâncias tóxicas estruturais pré-formadas que constituem uma barreira de defesa física e química restringindo a infecção por patógenos. Como exemplo desses compostos está a avenacina A-1, a lignina e a suberina. A síntese desses compostos pela planta ocorre em maior intensidade quando a mesma for atacada por fitopatógenos (MERT-TÜRK; EGESEL; GÜL, 2005; MERT-TÜRK, 2006; SORIANO et al., 2004). O hormônio metil jasmonato, derivado do ácido jasmônico, responsável pela regulação vegetal e defesa da planta, foi identificado em aveia-branca. Esse hormônio é indutor da síntese de flavonas em resposta ao ataque de nematoides, podendo ser indicativo de resistência da planta ao patógeno (SORIANO et al., 2004).

A escopoletina (6-metoxi-7-hidroxi-cumarina), pertencente à classe das cumarinas e os ácidos ferúlico, cumárico, siríngico, vanílico e p-hidroxibenzóico, que são ácidos fenólicos, foram identificados como alelopáticos, inibindo a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (CHINI, 2017, p. 61-73; FAY; DUKE, 1977; GUENZI; MCCALLA, 1966; GUENZI et al., 1967; LUPINI et al., 2014), o que sugere sua possível associação com a reação das aveias ao parasitismo de *M. javanica* e *M. incognita*, necessitando estudos futuros para compreensão destes mecanismos.

A eficácia da seleção de genótipos para cultivo e/ou em programas de melhoramento depende da variabilidade genética e herdabilidade do material parental associado à interação dos genótipos com os diferentes níveis de infectividade dos nematoides (MACHADO et al., 2015; ROCHA et al., 2009). No entanto, não existem informações acessíveis sobre parâmetros genéticos de resistência de aveias aos nematoides-das-galhas, dificultando o desenvolvimento de cultivares com essa característica (MACHADO et al., 2015). Os mecanismos de interação entre os nematoides,

sua densidade populacional e os compostos produzidos pelas plantas na resistência ao patógeno necessitam ser melhor esclarecidos para *Avena* spp. (MARINI et al., 2016).

Plantas que sintetizam substâncias com ação biocida como as aveias podem ser utilizadas como alternativa ao uso de defensivos, além de servir como possíveis fontes de novos compostos (NIRO et al., 2016). É imprescindível o conhecimento dos mecanismos envolvidos na resistência ou antagonismo das plantas com a virulência dos nematoides do gênero *Meloidogyne* (MARINI et al., 2016). Estudos desse tipo visam subsidiar práticas alternativas de controle dos nematoides-das-galhas por meio do controle cultural, pois o controle de nematoides pelo tratamento de sementes com nematicidas químicos evidenciam curto período de proteção (CABRERA et al., 2009; GARDIANO et al., 2009; GARDIANO et al., 2011).

Dessa forma, o manejo dos nematoides-das-galhas pode ser feito por meio do cultivo de aveias que possam reduzir a densidade populacional dos fitopatógenos impedindo sua penetração e multiplicação nas raízes (BORGES et al., 2009; SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003). O uso de cultivares resistentes tem sido considerado a medida mais prática, eficiente e econômica para o controle de nematoides (MACHADO; ARAÚJO FILHO, 2016; MUKHTAR et al., 2017).

Ainda que muitos genótipos de aveias classificados como resistentes possam reduzir a densidade populacional de nematoides-das-galhas, a reação destes aos nematoides é variável, dependendo da variabilidade genética dos materiais em estudo, da variabilidade das populações dos nematoides e da densidade populacional destes em áreas de cultivo. Por isso, é necessário que cada genótipo seja testado quanto à reação aos nematoides antes de serem cultivados (BORGES et al., 2009; GOMEZ-RODRÍGUEZ; CORONA-TORRES; AGUILAR-RINCON, 2017).

O manejo de nematoides em áreas infestadas pode ser feito por meio do cultivo de *Avena* spp., desde que se conheça a espécie do fitopatógeno presente, o seu nível de infestação e a reação da cultivar à espécie do nematoide

### 3.6 Conclusões

A reação de *Avena* spp. a *M. javanica* e *M. incognita* depende do nível de infestação do nematoide, indicando a necessidade de testes sob distintas concentrações de inóculo. A classificação de genótipos de aveia em resistente ou suscetível obtida por meio de uma única concentração de inóculo pode ser insatisfatória, visto que os genótipos exibem variabilidade quanto à reação aos nematoides sob diferentes níveis de infestação do patógeno.

Sob maior concentração de inóculo, os genótipos resistentes a *M. javanica* são: IPR Afrodite, UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro, AF 1345 Ucraniana, UPFA 21 Moreninha, Agro Esteio, AF 12202, Embrapa 139, Iapar 61 Ibiporã e Agro Quaraí. Em menor concentração de inóculo os genótipos AF 12202, Iapar 61 Ibiporã, Agro Esteio e Agro Quaraí apresentam reação de suscetibilidade. Para *M. incognita*, em maior concentração de inóculo, os genótipos resistentes são: IPR Afrodite, AF1345 Ucraniana, UPFA Ouro, Agro Quaraí, UPFPS Farroupilha, UPFA 21 Moreninha, Agro Esteio, AF 12202 e Embrapa 139. Em menor concentração de inóculo os genótipos Agro Quaraí e Agro Esteio apresentam reação suscetibilidade. O genótipo Iapar 61 Ibiporã apresenta reação de suscetibilidade nas duas concentrações de inóculo de *M. incognita*.

## 4 CAPÍTULO II

Atividade nematicida de extratos de *Avena* spp. à *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*

### 4.1 Resumo

As aveias (*Avena* spp.) são usadas na cobertura do solo e na rotação de culturas, com indicativo de ação supressora dos nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.). Este trabalho teve como objetivo verificar a atividade nematicida dos extratos de *Avena* spp. à *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. Foram realizados dois bioensaios, um para cada espécie de nematoide, em delineamento completamente casualizado, com quatro repetições, nos quais 21 tratamentos foram testados: 18 extratos, oriundos da combinação de seis genótipos de aveia e três concentrações de extrato (5, 10 e 20% p/v), o tratamento-controle (água destilada) e os nematicidas Abamectina e Imidacloprido + Tiodicarbe. Os genótipos testados foram: três cultivares (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139) e uma linhagem (AF 12202) de aveia-preta (*A. strigosa*), uma cultivar (UPFPS Farroupilha) e uma linhagem (AF 1345 Ucraniana) de aveia-branca (*A. sativa*). Os isolados dos nematoides foram multiplicados em *Solanum lycopersicum* L. e a suspensão foi aplicada em placas de Petri contendo os ovos dos nematoides, com posterior incubação em câmara de crescimento, por dez dias. Na concentração máxima de extrato houve 100% de controle da eclosão, sem diferença entre genótipos para ambas as espécies de nematoides, mas a 5 e 10% p/v verificou-se efeito de genótipo. Para *M. javanica* os extratos dos genótipos mais eficientes em ordem decrescente foram Embrapa 139, UPPFS Farroupilha, Agro Quaraí, AF 1345 Ucraniana, AF 12202, Agro Esteio. Para *M. incognita* tem-se: Agro Quaraí e AF 1345 Ucraniana, UPPFS Farroupilha, Agro Esteio e AF 12202, Embrapa 139. Essas constatações pressupõem a possibilidade da escolha de genótipos de *Avena* spp. potencialmente supressores dos nematoides-das-galhas pela quantidade de biomassa residual sobre o solo.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Controle cultural. 4. Extratos vegetais. 5. Nematoides-das-galhas.

### 4.2 Introdução

Dentre as espécies de nematoides-das-galhas estão *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood e *M. incognita* (Kofoid e White) Chitwood como as mais relevantes no Brasil e um dos principais problemas fitossanitários de diversas culturas em todo o mundo (JONES et al., 2013). Como as galhas causam engrossamento das células do córtex radicial, há redução na absorção de água e nutrientes, o que afeta o crescimento das

plantas, podendo torná-las totalmente improdutivas (DEUNER; GHISSI; TEDESCO, 2012, p.385-394; ESCOBAR et al., 2015, p. 12-15).

Esses fitopatógenos possuem alto grau de polifagia e facilidade de se adaptarem a distintas condições edafoclimáticas, dificultando o controle, podendo inviabilizar algumas áreas de cultivo, pois sua presença, muitas vezes, é pouco reconhecida pelos agricultores (INOMOTO; ASMUS, 2006; KARURI et al., 2017). Os resultados de controle desses patógenos pelo tratamento de sementes com nematicidas químicos evidenciam curto período de proteção, além de serem tóxicos e de custo elevado (CABRERA et al., 2009). Com isso, a busca por medidas alternativas de controle de fitonematoides é necessária, incluindo o controle cultural.

A eficiência quanto ao uso de substâncias naturais extraídas de plantas no controle de fitonematoides é reconhecida (GARDIANO et al., 2009; GARDIANO et al., 2011; MARTINS; SANTOS, 2016; MORILLO; SILVA, 2015). Assim, a utilização de culturas que proporcionem formação de biomassa e apresentem características nematicidas é uma alternativa prática, econômica e ambientalmente viável (GARDIANO et al., 2011). No entanto, o agricultor necessita de informações sobre o desempenho das espécies com esse potencial.

Dentre as gramíneas com potencial para controle de nematoides estão as aveias (*Avena* spp.), cujo metabolismo secundário pode resultar na síntese de substâncias aleloquímicas, como escopoletina, ácidos ferúlico, cumárico, siríngico, vanílico e p-hidroxibenzóico, avenacina A-1, lectina e suberina (CHINI, 2017, p. 61-73; ESPOSITO et al., 2008; JACOBI; FLECK, 2000; LACERDA et al., 2017; LUPINI et al., 2014; MERT-TÜRK; EGESEL; GÜL, 2005; MERT-TÜRK, 2006). Ainda são restritos os estudos sobre o efeito genotípico de *Avena* spp. quanto à atividade nematicida. No entanto, sabe-se que a aveia pode impedir a penetração de nematoides do gênero *Meloidogyne* nas raízes, o que sugere efeito de substâncias sintetizadas pela planta inibindo a eclosão de juvenis.

Portanto, se as cultivares de aveia fossem selecionadas, também, pelo critério da atividade nematicida, poderia se elevar o valor agregado desses materiais e, principalmente, haveria ganhos no sistema agrícola e no ambiente. Dessa forma, este trabalho testou a hipótese de que a atividade nematicida de extratos de *Avena* spp. depende do genótipo. Para isso, foram conduzidos bioensaios cujo objetivo foi verificar a atividade nematicida dos extratos de *Avena* spp. à *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*.

### **4.3 Material e Métodos**

#### **Material vegetal**

Os genótipos testados neste estudo foram desenvolvidos por diferentes obtentores (Agroalpha, Embrapa e Universidade de Passo Fundo). O material vegetal usado para a elaboração dos extratos foi oriundo da colheita da parte aérea de seis genótipos de aveia em estágio de florescimento pleno: três cultivares (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139) e uma linhagem (AF 12202) de aveia-preta, uma cultivar (UPFPS Farroupilha) e uma linhagem de aveia-branca (AF 1345 Ucraniana). As plantas foram cultivadas, simultaneamente, na safra de 2016, em Latossolo Vermelho Distrófico, em Passo Fundo, a 28 °13 '45,12 "S e 52 ° 19 '43,80 "W e altitude de 692 m. A biomassa da parte aérea foi colhida manualmente quando as plantas atingiram o estágio de florescimento pleno e foi constituída, em média, por 19% de panículas, 56% de colmos e 25% de lâminas foliares.

#### **Tratamentos e delineamento experimental**

Foram realizados dois bioensaios, um para cada espécie de nematoide, em delineamento completamente casualizado, com quatro repetições. Neles foram alocados 21 tratamentos: 18 extratos, oriundos da combinação dos seis genótipos de aveia e três concentrações de extrato (5, 10 e 20% p/v), o tratamento-controle (água destilada) e os nematicidas Abamectina (grupo químico Avermectina) e Imidacloprido + Tiodicarbe (grupo químico metilcarbamato de oxima). As unidades experimentais foram placas de Petri.



## Procedimentos experimentais

Para elaborar os extratos, a parte aérea das plantas de aveia foi picada em pedaços de aproximadamente 1 cm, com posterior secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 45 °C por 96 horas. Em seguida, o material seco foi moído em micromoinho e armazenado em geladeira, a 4 °C até o momento do uso. Os extratos foram elaborados pelo método de maceração estática, mediante a imersão do material vegetal em água destilada, seguido de repouso por 24 horas em temperatura ambiente e ao abrigo de luz (DIAS et al., 2000). Para obtenção das concentrações 5, 10 e 20% p/v foram usados 5, 10 e 20 g do material seco em 100 mL de água destilada, respectivamente. Após esse período foi feita a filtragem e a determinação do pH, com papel indicador universal. O pH ficou na faixa entre 6,0 e 7,5, ideal para bioensaios *in vitro* (LAYNEZ-GARSABALL; MENDEZ-NATERA, 2006).

A Abamectina e o Imidacloprido + Tiodicarbe foram diluídos nas doses comerciais recomendadas pelos fabricantes (GRIGOLLI; ASMUS, 2014, p. 201). No momento do uso, a Abamectina foi preparada por meio da diluição de 125 mL do produto em 500 mL de água e o Imidacloprido + Tiodicarbe, de 700 mL do produto em 500 mL de água.

O isolado de *M. javanica* foi obtido de raízes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] infectada pelo patógeno, provenientes do município de Almirante Tamandaré do Sul, RS. O isolado de *M. incognita* foi obtido de raízes de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. ‘Santa Clara’) infectadas pelo patógeno, provenientes do município de Barreiras, BA. A identificação das espécies de nematoides foi realizada seguindo padrão perineal das fêmeas (INOMOTO, 2016, p. 271-272).

Os isolados das duas espécies de nematoides foram multiplicados em tomateiro cv. Santa Clara, que foram mantidas em câmara de crescimento climatizada a  $27 \pm 3$  °C e com fotoperíodo de 12h. Os inóculos foram extraídos das raízes por trituração em liquidificador com solução de hipoclorito de sódio 0,5%, de acordo com metodologia de Bonetti e Ferraz (1981). A contagem de ovos na suspensão foi realizada com o auxílio de

câmara de Peters, em microscópio óptico. Para realização dos bioensaios, a suspensão foi ajustada para 3.000 ovos de *M. javanica* /mL de e 3.400 ovos de *M. incognita* /mL.

Para o teste de eficiência de controle da eclosão dos juvenis, cada placa de Petri recebeu, primeiramente, 20 mL dos tratamentos (extratos das aveias, água destilada ou nematicidas), sobre o que foi depositado 1 mL da suspensão contendo os ovos dos nematoides. As placas foram, então, vedadas com plástico filme e mantidas em câmara incubadora BOD, no escuro, por dez dias, em temperatura de  $27\pm 1$  °C. Após dez dias, o conteúdo das placas foi recolhido em peneira de 500 *mesh* com abertura de 25 mm e transferido para tubos de ensaio. Avaliou-se, por contagem, o número de juvenis eclodidos e de ovos remanescentes com auxílio de microscópio óptico, obtendo-se o percentual de eclosão. A partir do percentual de eclosão, calculou-se a eficiência de controle da eclosão (ECE), de acordo com a equação (Eq. 1) proposta por Abbott (1925).

$$\text{Inibição (\%)} = \frac{x_c - x_t}{x_c} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$x_c$  = média obtida do tratamento-controle

$x_t$  = média obtida do tratamento.

### **Análise estatística**

Os dados relativos à ECE dos extratos e nematicidas foram, primeiramente, submetidos ao teste de Dunnett, a fim de selecionar os tratamentos com potencial nematicida, mediante a comparação com o tratamento-controle, a água destilada. Procedeu-se com a comparação dos extratos de aveia com os nematicidas químicos Abamectina e Imidacloprido + Tiodicarbe em modelo unifatorial. As médias dos extratos de aveia e dos nematicidas foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Em seguida, realizou-se análise da variância em modelo bifatorial (genótipo x concentração do extrato).

## 4.4 Resultados

### 4.4.1 Eficiência de controle da eclosão de *M. javanica*

Os 18 extratos vegetais e os dois nematicidas reduziram a eclosão de juvenis de *M. javanica*, atestada pela comparação com o tratamento-controle (água destilada), de acordo com o teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Em relação aos nematicidas, 12 extratos mostraram  $ECE \geq 85\%$ , que superou ( $p < 0,05$ ) a ECE desses produtos químicos, que variou de 69 a 81%.

Na maior concentração de extrato (20% p/v) a eficiência no controle da eclosão foi total, sem diferença estatística entre os extratos (Tabela 1). Dentre os extratos de aveia que não diferiram entre si e mostraram  $ECE \geq 96\%$  estão aqueles elaborados na concentração de 20% p/v e o extrato de Embrapa 139-10%. Portanto, o efeito genotípico foi verificado, principalmente, em extratos elaborados a 5 e 10% p/v. Os extratos com maior ECE foram elaborados, em geral, a 20% p/v e na medida em que a concentração foi reduzida houve redução no controle da eclosão (Tabela 1). Por isso, é destacável a atividade de dois extratos, Embrapa 139-5% (aveia-preta) e Farroupilha-5% (aveia-branca), que, estiveram entre aqueles com  $ECE \geq 85\%$ . Os demais extratos-5% mostraram  $ECE \leq 72\%$ .

Por outro lado, o nematicida Imidacloprido + Tiodicarbe teve ECE similar ao extrato AF 12202-10% (aveia-preta), e o mesmo foi verificado quanto ao nematicida Abamectina, cuja ECE não diferiu do extrato de aveia-preta Agro Quaraí-5% ( $p > 0,05$ ). Entre os nematicidas químicos, o primeiro foi mais eficiente ( $ECE = 81\%$ ) em relação ao segundo ( $ECE = 69\%$ ), no controle da eclosão de juvenis de *M. javanica*.

Tabela 1 – Eficiência de controle da eclosão (1) de juvenis de *Meloidogyne javanica* de extratos vegetais de *Avena* spp. e nematicidas químicos (2). Passo Fundo - 2017

Tratamentos	Concentração do extrato (p/v%)	ECE (1) (%)
AF 12202	5	56,1 f
	10	79,6 d
	20	99,6 a
AF 1345 Ucraniana	5	64,6 e
	10	85,5 c
	20	97,6 a
Agro Esteio	5	49,4 g
	10	76,3 d
	20	98,9 a
Agro Quaraí	5	73,1 d
	10	91,2 b
	20	99,1 a
Embrapa 139	5	93,1 b
	10	96,3 a
	20	99,8 a
UPFPS Farroupilha	5	86,6 c
	10	91,9 b
	20	99,5 a
Abamectina (2)	x	69,1 e
Imidacloprido + Tiodicarbe (2)	x	81,9 c

Fonte: Dados do autor.

Notas: Qualquer letra na coluna indica que o tratamento diferiu do tratamento-controle (água destilada), pelo teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

(1) Eficiência de controle da eclosão de juvenis. (2) Dose de abamectina: 125 mL do produto diluído em 500 mL de água; Dose de Imidacloprido + Tiodicarbe: 700 mL do produto diluído em 500 mL de água.

#### 4.4.2 Eficiência de controle da eclosão de *M. incognita*

Os 18 extratos vegetais e os dois nematicidas reduziram a eclosão de *M. incognita*, de acordo com o teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Oito dos 18 extratos (44%) mostraram  $ECE \geq 99\%$ , em que nesse grupo estão todos os extratos elaborados na maior concentração e dois extratos na concentração de 10% p/v (Tabela 2). Esses dois extratos, um da aveia-

branca AF 1345 Ucraniana, a 10% p/v, e outro da aveia-preta Agro Quaraí, a 10% p/v, estão entre os seis extratos que exibiram 100% de controle na eclosão dos juvenis do nematoide. Apesar do efeito genotípico da ECE ter sido verificado em toda a gama de concentração de extrato, na faixa de menor controle da eclosão (50 a 70%) estiveram os extratos a 5% p/v (Tabela 2).

Por sua vez, o nematicida químico Abamectina teve efeito similar ( $p>0,05$ ) aos extratos de aveia-branca UPFPS Farroupilha, a 10%, e ao extrato da aveia-preta Agro Quaraí, a 5% p/v, ambos próximos a 90% de ECE (Tabela 2). Já, o nematicida Imidacloprido + Tiodicarbe teve menor ECE em relação à Abamectina, mas sem diferir do ECE de quatro extratos vegetais, na faixa de ECE de 80%.

#### **4.4.3 Efeito da concentração dos extratos na eficiência de controle da eclosão de juvenis de *M. javanica* e *M. incognita***

Houve efeito significativo da interação nematoide x genótipo. Para ambas as espécies dos nematoides, o aumento na concentração dos extratos elevou a eficiência de controle da eclosão de juvenis (Tabelas 1 e 2). Na média de concentração, houve diferença significativa para todos os extratos quanto a inibição da eclosão de juvenis das duas espécies de nematoides.

Os extratos das cvs. Embrapa 139 (aveia-preta) e UPFPS Farroupilha (aveia-branca) foram mais eficientes no controle da eclosão de juvenis de *M. javanica* ( $p<0,05$ ), em todas as concentrações do extrato (Tabelas 1 e 2). Para o controle de eclosão de *M. incognita* os extratos da cv. Agro Quaraí e da linhagem AF 1345 Ucraniana mostraram maior eficiência nas concentrações estudadas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2 – Eficiência de controle da eclosão (1) de juvenis de *Meloidogyne incognita* de extratos vegetais de *Avena* spp. e nematicidas químicos (2). Passo Fundo - 2017

Tratamentos	Concentração do extrato (p/v%)	ECE (1) (%)
AF 12202	5	67,1 e
	10	82,6 c
	20	100 a
AF 1345 Ucraniana	5	83,6 c
	10	100 a
	20	100 a
Agro Esteio	5	63,3 e
	10	79,2 c
	20	99,7 a
Agro Quaraí	5	87,4 b
	10	100 a
	20	100 a
Embrapa 139	5	53,1 f
	10	78,3 c
	20	100 a
UPFPS Farroupilha	5	72,3 d
	10	91,9 b
	20	98,9 a
Abamectina (2)	x	87,5 b
Imidacloprido + Tiodicarbe (2)	x	78,9 c

Notas: Qualquer letra na coluna indica que o tratamento diferiu do tratamento-controle (água destilada), pelo teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

(1) Eficiência de controle da eclosão de juvenis. (2) Dose de abamectina: 125 mL do produto diluído em 500 mL de água; Dose de Imidacloprido + Tiodicarbe: 700 mL do produto diluído em 500 mL de água.

#### 4.5 Discussão

A atividade nematicida de *Avena* L. é genótipo-dependente, a considerar os resultados obtidos neste estudo, no qual extratos aquosos elaborados com a parte aérea de linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta foram aplicados sobre suspensões de ovos de juvenis de *M. javanica* e *M. incognita*. Na medida em que os extratos são mais

concentrados há elevação dessa atividade, independentemente de genótipo. No entanto, depende do nematoide o maior ou menor efeito dos extratos. Portanto, é de supor, no campo, que há cultivares de aveia com maior atividade nematicida sobre *M. javanica* e outras que tenham maior poder supressor sobre *M. incognita*.

A atividade nematicida dos extratos das aveias foi comprovada pela diferença significativa em relação ao controle (água destilada), bem como equiparação na eficiência do controle da eclosão em relação aos nematicidas (Figuras 1 e 2). Considerando-se a observação feita por Moreira, Santos e Innecco (2009) de que a água destilada é um estimulante da eclosão de juvenis de *M. javanica* e *M. incognita*, os resultados desse trabalho mostram que os extratos e os nematicidas tem ação fitotóxica inibitória sobre a eclosão dos nematoides.

Os genótipos de aveias nas três concentrações de extrato e os nematicidas químicos Abamectina e Imidacloprido + Tiodicarbe inibiram a eclosão de juvenis de ambas as espécies de nematoides, quando comparados com a água destilada. A variação entre os genótipos quanto à eficiência no controle da eclosão para ambas as espécies de nematoides foi observada nas concentrações de extrato a 5 e 10% p/v. A eficiência dos extratos de aveias em controlar a eclosão aumentou à medida que houve aumento da sua concentração. Na concentração a 20% p/v a eficiência dos extratos foi mais pronunciada e todos os genótipos apresentaram eficiência de controle da eclosão superior aos nematicidas químicos.

Trabalho realizado anteriormente, que comparou a eficiência de controle da eclosão de *M. javanica* e *M. incognita* do extrato elaborado a partir de folhas secas do arbusto *Clerodendron enermi* L. com o nematicida NemaCur 40 EC (Phenamiphos), mostrou igual eficiência entre ambos os tratamentos e eficiência superior do extrato comparado à formulação granular, NemaCur 10 G (PATEL; THAKAR; PATEL, 1987).

A eclosão dos juvenis das espécies de fitonematoides pode ser influenciada por vários fatores, entre eles, as substâncias produzidas e liberadas pelas plantas (DIAS-ARIEIRA, et al., 2008). Os exsudatos liberados pelas plantas, quando exercem efeito

sobre a eclosão dos juvenis dos nematoides, causam desintegração da camada vitelínica dos ovos permitindo a passagem de toxinas do ambiente para o interior dos ovos, inibindo a eclosão (STIRLING, 1993). A produção de enzimas pelos nematoides torna-se deficiente, assim como a ação das enzimas sobre a hidrólise de lipídeos ligados à camada lipoprotéica do ovo, que são armazenados como reservas energéticas corporais nos nematoides. As reservas energéticas na forma lipídica são necessárias para locomoção, infectividade e reprodução do nematoide (ROCHA et al., 2009). Quanto maior for o tempo para o juvenil eclodir após exposição ao exsudato, maior será o consumo de lipídeos, comprometendo sua sobrevivência em comparação com os nematoides que eclodem normalmente logo após a exposição aos exsudatos (DIAS-ARIEIRA et al., 2008; GOELLNER et al., 2000).

De acordo com os resultados deste trabalho, a ação de extratos aquosos dos genótipos de aveias pode desacelerar a eclosão dos juvenis dos nematoides aumentando seu tempo de permanência dentro do ovo e, assim, interferindo em sua infectividade e sobrevivência. A influência exercida pelos exsudatos de plantas sobre a eclosão de juvenis pode ser variável de acordo com o estágio fenológico em que a planta de encontra. O florescimento é o estágio em que há maior acúmulo de substâncias químicas na planta e, conseqüentemente, maior liberação ao solo (KANCHAN; JAYACHANDRAN, 1979; SCHUMACHER; THILL; LEE, 1983). Nesse sentido, a atividade nematicida dos genótipos avaliados pode estar relacionada, também, com o estágio de desenvolvimento em que os genótipos foram colhidos, que foi o de florescimento pleno.

As espécies de nematoides apresentaram diferenças no percentual de eclosão quando expostas aos extratos de aveias, mesmo que todos os extratos exerçam efeitos danosos sobre os indivíduos. A eficiência de controle da eclosão de juvenis pelos extratos foi maior em *M. incognita* do que em *M. javanica* (Tabelas 1 e 2). Isso porque os nematoides foram provenientes de diferentes populações e condições ambientais, apresentando variabilidade quanto ao padrão de resposta aos influxos dos exsudatos. Essa variabilidade é influenciada por diferenças genéticas entre os indivíduos, que refletem em diferentes mecanismos naturais de eclosão, diferentes respostas adaptativas e no ciclo de vida, incluindo os fatores de patogenicidade, como proteínas e enzimas secretadas pelos



nematoides para estabelecimento do sítio de infecção e alimentação em plantas suscetíveis (ABAD et al., 2003; CASTAGNONE-SERENO et al., 2013). Tais fatores refletem diretamente no padrão de resposta dos indivíduos de diferentes espécies de nematoides quando em contato com a fitotoxicidade dos extratos de plantas.

Lacerda et al. (2017) demonstraram que o efeito inibitório sobre a eclosão de juvenis de *M. incognita* foi mais intenso do que o efeito sobre a eclosão de juvenis de *M. javanica*. A aplicação de lectinas extraídas de plantas de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) inibiram a eclosão dos juvenis de *M. incognita* já no primeiro dia de exposição ao composto químico, enquanto que os juvenis de *M. javanica* tiveram a eclosão inibida a partir do sexto dia de exposição. Os resultados apresentados pelos autores confirmam a variação de resposta das espécies em estudo apresentada nesse trabalho.

Trabalhos têm sido conduzidos visando selecionar plantas que sejam efetivas no controle de nematoides, como medida alternativa ao controle químico. O efeito nematicida *in vitro*, com percentuais de mortalidade de J2 de *M. incognita* superiores a 75%, foi observado em extratos aquosos de agrião-do-brejo (*Eclipta alba* L. Hassk.), alfavaca (*Ocimum basilicum* L.), artemísia (*Artemisia vulgaris* L.), chambá (*Justicia pectoralis* var. *stenophylla* Leonard), lombrigueira (*Spigelia anthelmia* L.) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) (MARTINS; SANTOS, 2016). Efeito *in vitro* de extratos aquosos de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) foi observado quando os extratos foram aplicados sobre ovos de *Meloidogyne enterolobii* Yang e Eisenback inibindo a eclosão de juvenis em até 97% (MORILLO; SILVA, 2015).

Com aplicação no solo de extratos aquosos de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), orégano (*Origanum vulgare* L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper e Tracer) e melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.), Gardiano et al. (2011) verificaram redução no número de ovos em 28, 28, 44 e 60%, respectivamente, do nematoide *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira.

As plantas sintetizam substâncias com propriedades nematicidas liberadas ao solo por meio do cultivo da planta ou aplicadas isoladamente, que podem exercer efeito sobre o nematoide. O ácido asparagúsico que foi isolado de aspargo (*Asparagus officinalis* L.), o  $\alpha$ -terthienyl isolado de cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) e o alcaloide monocrotalina isolado da crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.) (EVERALDO et al., 2008; GOMMERS, 1981).

Em aveia, algumas substâncias químicas já foram identificadas, decorrentes da interação entre patógeno e hospedeiro. Dentre essas substâncias estão as lectinas, que são glicoproteínas associadas ao bloqueio de quimiorreceptores de nematoides, e que dificultam a localização da planta hospedeira pelo parasita (LACERDA et al., 2017; MARBAN-MENDONZA et al., 1987; MOLAN et al., 2000). Essa substância está associada ao sistema de defesa da planta contra predadores e patógenos (DE HOOFF; BRILL; HIRSCH, 2009).

As aveias são dotadas de substâncias tóxicas estruturais pré-formadas que constituem uma barreira de defesa física e química restringindo a infecção por patógenos. Como exemplo desses compostos está a avenacina A-1, a lignina e a suberina. A síntese desses compostos pela planta ocorre em maior intensidade quando a mesma for atacada por fitopatógenos (MERT-TÜRK; EGESEL; GÜL, 2005; MERT-TÜRK, 2006; SORIANO et al., 2004). O hormônio metil jasmonato, derivado do ácido jasmônico, responsável pela regulação vegetal e defesa da planta, foi identificado em aveia-branca. Esse hormônio é indutor da síntese de flavonas em resposta ao ataque de nematoides, podendo ser indicativo de resistência da planta ao patógeno (SORIANO et al., 2004).

A escopoletina (6-metoxi-7-hidroxi-cumarina), pertencente à classe das cumarinas e os ácidos ferúlico, cumárico, siríngico, vanílico e p-hidroxibenzóico, pertencentes aos ácidos fenólicos, foram identificados em aveias inibindo a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (CHINI, 2017, p. 61-73; FAY; DUKE, 1977; GUENZI; MCCALLA, 1966; GUENZI et al., 1967; LUPINI et al., 2014). Essas mesmas substâncias podem também estar associadas à inibição da eclosão de *M. javanica* e *M. incognita*, o que necessita estudos futuros.

Marini et al. (2016) compararam a resistência e suscetibilidade de duas cultivares de aveia-branca, IPR Afrodite e URSFAPA Slava, respectivamente, por meio de métodos histopatológicos, ao inocularem 2.000 ovos de *M. incognita* nas raízes das plantas. Os autores constataram redução na penetração de juvenis do nematoide nas raízes da cultivar resistente (IPR Afrodite) em comparação com a cultivar suscetível (URSFAPA Slava), o que causou atraso no desenvolvimento do fitonematoide. Nas raízes da IPR Afrodite foram observadas células lignificadas e espaços intracelulares preenchidos com fenóis, indicativo da resposta de defesa da planta ao ataque do nematoide. Esses dados sugerem que a composição química e sua concentração em aveias são variáveis, dependendo do genótipo.

Dessa forma, o manejo dos nematoides-das-galhas pode ser feito por meio do uso de cultivares de aveia que possam reduzir a densidade populacional da praga. O aumento da quantidade de biomassa de aveias é um fator determinante sobre a eclosão dos juvenis dos nematoides (BORGES et al., 2009; SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003).

Apesar de ser reconhecido o efeito dos extratos vegetais sobre a eclosão de juvenis de nematoides, as informações sobre as biomoléculas atuantes e seu mecanismo de ação são escassas (ROCHA et al., 2006). O uso de extratos brutos por meio de testes laboratoriais é um procedimento empregado visando a prospecção de bioatividade das plantas sobre um determinado organismo, possibilitando a ação de compostos químicos (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010). Os resultados obtidos neste trabalho confirmaram a ação fitotóxica dos extratos quanto à inibição da eclosão de juvenis dos nematoides (Tabelas 1 e 2).

Plantas que sintetizam substâncias com ação biocida como as aveias podem ser utilizadas como alternativa ao uso de defensivos, além de servir como possíveis fontes de novos compostos (NIRO et al., 2016). Estudos desse tipo visam subsidiar práticas alternativas de controle dos nematoides-das-galhas por meio do controle cultural, pois o controle de nematoides pelo tratamento de sementes com nematicidas químicos evidenciam curto período de proteção (CABRERA et al., 2009; GARDIANO et al., 2009; GARDIANO et al., 2011).

## 4.6 Conclusões

Há variabilidade em *Avena* spp. quanto à eficiência no controle da eclosão de *M. javanica* e *M. incognita*, acessada pela aplicação de extratos aquosos elaborados com a parte aérea de linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta. À medida que aumenta a concentração dos extratos há o incremento na eficiência de controle da eclosão, o que sugere elevação da quantidade das substâncias químicas inibitórias ao fitopatógeno. Essas constatações pressupõem a possibilidade da escolha de genótipos de *Avena* spp. com maior potencial inibitório dos nematoides-das-galhas, o que sustenta a continuidade dos estudos com ensaios no campo.

A diferença genotípica é evidente a 5 e 10% p/v de concentração. Os genótipos aqui testados que apresentam eficiência no controle da eclosão de *M. javanica*, tem-se em ordem decrescente de eficiência: Embrapa 139, UPFPS Farroupilha, Agro Quaraí, AF 1345 Ucraniana, AF 12202, Agro Esteio. Para *M. incognita* tem-se: Agro Quaraí e AF 1345 Ucraniana, UPFPS Farroupilha, Agro Esteio e AF12202, Embrapa 139.

## 5 CAPÍTULO III

Atividade alelopática de extratos de *Avena* spp.

### 5.1 Resumo

As aveias são plantas alelopáticas, cuja variabilidade genotípica quanto a esse atributo é ainda de conhecimento restrito. O estudo teve por objetivo verificar se a atividade alelopática de extrato de *Avena* spp. é genótipo-dependente testando-se sete genótipos de aveia-preta (Agro Quaraí, Agro Esteio, Embrapa 139, AF 12104, AF 12109, AF 12202 e AF 12209) e dois genótipos de aveia-branca (UPFPS Farroupilha e AF 1345 Ucraniana). Os extratos aquosos brutos foram elaborados em três concentrações (5, 10 e 20% p/v), pela maceração estática do material vegetal em água destilada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. O bioensaio foi conduzido em câmara de germinação durante quinze dias. A espécie-alvo foi alface (*Lactuca sativa*), cujos diásporos foram dispostos sobre papel-filtro umedecido com os extratos ou com água destilada. Os extratos das aveias-brancas, UPFPS Farroupilha e UPFPS 1345 Ucraniana, e da aveia-preta AF 12104, foram igualmente inibitórios à germinação nas três concentrações testadas e, junto com Agro Quaraí, reduziram a germinação em 94%. Com os demais genótipos, o efeito deletério sobre a germinação foi significativamente maior na medida em que a concentração aumentou acima de 5% p/v. Houve total inibição da germinação sob extratos 20% p/v e inibição parcial a 10% p/v, com efeito interativo genótipo-concentração. O efeito genotípico na germinação foi verificado apenas em extratos a 5% p/v, que variaram quanto à ação sobre o índice de velocidade de germinação, alongamento radicial e de hipocótilo. Dos nove genótipos de aveia, o de menor valor alelopático foi a aveia-preta AF 12202, com média inibitória de 35%. Os demais genótipos mostraram média inibitória entre 66% e 86%. A variabilidade em *Avena* spp. quanto à atividade alelopática pode ser explorada em programas de melhoramento genético, com vistas à obtenção de cultivares com maior poder supressivo contra plantas daninhas.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Bioensaio. 4. Inibição.

### 5.2 Introdução

O melhoramento genético de aveia (*Avena* spp.) não leva em conta a atividade alelopática do germoplasma, o que restringe o conhecimento sobre o potencial supressor das cultivares de aveia-branca e aveia-preta sobre plantas daninhas. Numa outra

perspectiva, Bertholdsson (2007) aponta que a maioria dos caracteres usados nos programas de melhoramento é invariável na obtenção de cultivares de cereais para sistemas convencionais e orgânicos, embora uma característica da agricultura orgânica seja habilidade competitiva das ervas daninhas.

Portanto, acessar e entender a variabilidade inter e intraespecífica em plantas usadas para cobertura de solo ou em rotação de culturas quanto ao potencial supressor de plantas daninhas pode ser um descritor funcional estratégico para os programas de melhoramento de espécies com tal aptidão, bem como permitir agregar valor às cultivares e oferecer critérios adicionais na aquisição de sementes pelo produtor.

Sabe-se que o uso de plantas alelopáticas na agricultura, especialmente em sistemas que alternam culturas anuais de inverno e verão, é um meio de reduzir a infestação de plantas daninhas. No entanto, esse controle advém de outros atributos, além da liberação de compostos alelopáticos, como o efeito físico da palhada, a inativação dos mecanismos de dormência ou a formação de barreira física que impedem a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (GOMES Jr; CHRISTOFFOLETI, 2008).

Dentre as plantas alelopáticas amplamente cultivadas em regiões temperadas e subtropicais estão as aveias (*Avena* spp.), reconhecidas pelo crescimento rápido e elevada capacidade de suprimir as plantas indesejáveis (AHMAD; GUL-ZAFFAR; HABIB, 2014; PRICE; REEVES; PATTERSON, 2006). Para a condição climática da Alemanha, Brust e Gerhards (2012) destacaram o potencial da aveia-preta (*A. strigosa* Schreb.) como um cultivo primaveril destinado à cobertura do solo a fim de contribuir para a supressão de plantas daninhas, incluindo o trigo (*Triticum aestivum* L.) voluntário.

A ação alelopática das aveias se deve à exsudação de substâncias como a escopoletina e dos ácidos ferúlico, cumárico, siríngico, vanílico e p-hidroxibenzóico, cujas concentrações dependem do genótipo (CHINI, 2017, p. 61-73; ESPOSITO et al., 2008; FAY; DUKE, 1977; GUENZI; MCCALLA, 1966; GUENZI; MCCALLA; NORSTADT, 1967; JACOBI; FLECK, 2000; LUPINI et al., 2014). Jacobi e Fleck (2000) verificaram variabilidade entre genótipos de aveia-branca (*A. sativa* L.) quanto ao efeito

alelopático sobre sementes e plântulas de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trigo, compatível com a quantidade exsudada de escopoletina pelas raízes. Assim, o cultivo de cultivares de aveia que tenham maior atividade alelopática pode ser uma boa estratégia no controle de plantas daninhas, como alternativa ao uso de herbicidas (HAGEMANN et al., 2010; SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003).

Os efeitos ocasionados pelos compostos alelopáticos podem variar quanto à intensidade e concentração, dependendo da espécie em estudo, do organismo-alvo, das características do solo, temperatura e condições hídricas. Fitoquímicos com atividade alelopática são isolados e identificados a partir de estudos com distintas espécies vegetais, para serem empregados na agricultura como alternativa no combate a vetores e pragas por interromperem seu ciclo de desenvolvimento (DUKE et al., 2002).

A primeira etapa em estudos com aleloquímicos é conduzida por meio de bioensaios laboratoriais com o uso de extratos brutos de plantas, com vista na prospecção de atividade alelopática dos genótipos em avaliação. A alelopatia dos compostos químicos é refletida sobre a espécie receptora, havendo estímulo ou inibição da germinação e crescimento de plântulas (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010). Assim, um dos principais focos dos estudos alelopáticos está no controle de plantas daninhas mediante o uso de plantas que tenham ação heterotóxica sobre sementes e plântulas de invasoras.

O estudo teve por objetivo verificar se a atividade alelopática de extrato de *Avena* spp. é genótipo-dependente. Especificamente, avaliou-se se:

a) o genótipo do qual foi obtido material para elaboração dos extratos tem efeito inibitório nos atributos da germinabilidade e plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.), independentemente da quantidade extraída;

b) o aumento na concentração dos extratos eleva o poder inibitório dos extratos, independentemente do genótipo;

c) os fatores são interativos e determinam conjuntamente a atividade dos extratos sobre a germinação e crescimento de plântulas da planta receptora.

### **5.3 Material e Métodos**

#### **Material Vegetal**

Os genótipos testados neste estudo foram desenvolvidos por diferentes obtentores (Agroalpha, Embrapa e Universidade de Passo Fundo). O material vegetal usado para a elaboração dos extratos foi oriundo da parte aérea de nove genótipos de aveia colhidos em estágio de florescimento pleno: três cultivares (Agro Quaraí, Agro Esteio e Embrapa 139) e quatro linhagens de aveia-preta (AF 12104, AF 12109, AF 12202 e AF 12209), uma cultivar (UPFPS Farroupilha) e uma linhagem de aveia-branca (AF 1345 Ucraniana). As plantas foram cultivadas, simultaneamente, na safra de 2016, em Latossolo Vermelho Distrófico, em Passo Fundo, a 28 °13 '45,12 "S e 52 ° 19 '43,80 "W e altitude de 692 m. A biomassa da parte aérea foi colhida manualmente, quando as plantas atingiram o estágio de florescimento pleno, e, foi constituída, em média, por 19% de panículas, 56% de colmos e 25% de lâminas foliares.

Para testar a atividade alelopática dos extratos foi usada como espécie receptora a alfaca, considerada como uma das espécies indicadoras de atividade alelopática (WANDSCHEER; PASTORINI, 2008).

#### **Delineamento da pesquisa**

A pesquisa foi explicativa experimental do tipo associação com interferência. O bioensaio foi elaborado a partir de um fatorial diferenciado (9 x 3) +1 (controle), cujos fatores determinantes foram genótipo e concentração de extrato, respectivamente, com inclusão da água destilada como tratamento de controle para testar o efeito alelopático. Dessa forma, foram testados 27 extratos vegetais genótipo-concentrados, resultantes da combinação de nove genótipos de aveia e três concentrações (5, 10 e 20% p/v). O delineamento experimental foi completamente casualizado, com quatro repetições. As



unidades experimentais foram constituídas de caixas Gerbox com duas folhas de papel-filtro Germitest.

### **Procedimentos experimentais**

O material vegetal usado para a elaboração dos extratos foi oriundo da parte aérea das plantas dos genótipos de aveia, colhidos em estágio de florescimento pleno. Após a colheita o material foi picado, ainda verde, em pedaços de aproximadamente 1 cm. Em seguida foi levado à estufa com ventilação forçada de ar a 45 °C por 96 horas, com posterior moagem em micromoinho e armazenamento em geladeira, a 4 °C até o momento do uso.

Para elaborar os extratos, optou-se pelo método de maceração estática mediante a imersão do material vegetal em água destilada, seguido de repouso por 24 horas em temperatura ambiente e ao abrigo de luz (SOARES; VIEIRA, 2000). A obtenção das concentrações 5, 10 e 20% p/v decorreu da imersão de 5, 10 e 20 g de material seco em 100 mL de água destilada, respectivamente. Após esse período foi feita a filtração, a fim de se obter um líquido puro. Os extratos foram caracterizados quanto ao pH, com papel indicador universal, que mostrou valores entre 6 e 7,5, considerados não limitantes para a germinação de sementes (LAYNEZ-GARSABALL; MENDEZ-NATERA, 2006).

O bioensaio foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD, com temperatura constante (25 °C) e fotoperíodo de 12 horas (BRASIL, 2009, p. 200; WANDSCHEER et al., 2011). Adicionou-se às caixas Gerbox, previamente desinfetadas com álcool 70%, duas folhas de papel-filtro Germitest e 10 mL dos extratos ou da água destilada. Os diásporos (aquênios) de alfaca foram previamente desinfetados por meio da imersão em solução de hipoclorito de sódio 1% por três minutos, seguida de lavagem em água destilada. Em seguida, cinquenta (50) sementes foram dispostas sobre o papel-filtro Germitest em cada caixa Gerbox. Os diásporos e, posteriormente, as plântulas, foram mantidos na câmara de germinação por 15 dias, nos quais foram realizadas avaliações diárias da germinação, durante dez dias, e do crescimento inicial das plântulas, ao 15º dia.

## Avaliações

A avaliação da atividade alelopática sobre a germinação das sementes foi feita mediante a contagem diária de sementes germinadas, durante dez dias. As sementes foram consideradas germinadas quando apresentaram 2 mm de protrusão radicial (FERREIRA; AQUILA, 2000). Ao final desse tempo foi calculado o percentual de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) conforme Ranal e Santana (2006). A ação dos extratos sobre as plântulas foi examinada no 15º dia do experimento, por meio do comprimento da raiz primária e do hipocótilo, com paquímetro digital.

Após a análise da variância, para os extratos que mostraram atividade alelopática sobre germinação, IVG, alongamento de raiz e de hipocótilo, de acordo com o teste de Dunnett, foi feito o cálculo do percentual de inibição de acordo com a equação proposta por Abbott (1925). Em seguida os extratos foram classificados em efetiva ( $\geq 50\%$  de inibição) ou potencialmente ( $\geq 35\%$  de inibição) alelopáticos (SOUZA FILHO; MOURÃO Jr., 2010). Dessa forma, foram considerados como extratos potencialmente inibitórios aqueles cuja inibição esteve na faixa de 35% a 49%.

$$\text{Inibição (\%)} = \frac{X_c - X_t}{X_c} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$x_c$  = média obtida do tratamento-controle

$x_t$  = média obtida do tratamento.

## Análise estatística

Inicialmente, os dados referentes à germinação foram submetidos à ANOVA, em arranjo fatorial diferenciado (9 x 3) +1 (controle), para comparar o efeito dos extratos vegetais com o tratamento de controle (água destilada), pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ) seguida da comparação entre os extratos, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Em seguida, à verificação de que 14 extratos inibiram totalmente a germinação, que culminou na ausência de dados numéricos relativos ao IVG e alongamento de plântula, foi feita a

ANOVA em modelo unifatorial. Assim, foram comparados os 13 extratos genótipo-concentrados restantes com o tratamento de controle pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ) e comparação entre os extratos pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). As análises foram executadas com o programa estatístico Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 5.4 Resultados

### 5.4.1 Efeito dos extratos sobre a germinabilidade das sementes

A aplicação do teste de Dunnett, que comparou os extratos com o tratamento de controle, mostrou que todos os extratos foram efetivamente alelopáticos (inibição  $\geq 50\%$ ) na germinação das sementes de alface, com efeito significativo genótipo x concentração sobre esse atributo (Tabela 1). A 10% p/v os extratos não mostraram diferença entre si ( $p > 0,05$ ), de modo que o efeito genotípico ( $p < 0,05$ ) na ação alelopática sobre a germinação foi evidenciado somente a menor concentração testada (5% p/v) (Tabela 1). Nessa concentração, os genótipos UPFPS Farroupilha, AF12104, AF1345 Ucraniana e Agro Quaraí foram os mais heterotóxicos sobre a germinação, com inibição média de 94%. O extrato com menor efeito alelopático foi elaborado com a linhagem de aveia-preta AF 12202-5%, que reduziu em 51% a germinação. Por fim, com os demais extratos a 5% p/v, todos elaborados com aveia-preta, houve inibição de 72% a 84% na germinação de sementes da planta indicadora.

Somente com os extratos elaborados com a biomassa das aveias-brancas, UPFPS Farroupilha e UPFPS 1345 Ucraniana, e da aveia-preta AF 12104, a alelopatia se manifestou igualmente inibitória à germinação das sementes nas três concentrações testadas. Para os demais genótipos, o efeito deletério sobre a germinação foi significativamente maior na medida em que a concentração aumentou de 5% p/v para 10% p/v ou 20% p/v (Tabela 1).

Tabela 1 - Efeito de genótipo de aveia (*Avena* spp.) e concentração do extrato no percentual de germinação de sementes de alface. Passo Fundo - 2017

Genótipo	Concentração <sup>1</sup>		
	5% p/v	10% p/v	20% p/v
UPFPS Farroupilha <sup>2</sup>	*3 dA	*0 ns A	*0 ns A
AF 12104 <sup>3</sup>	*5 dA	*1 ns A	*0 ns A
AF 1345 Ucraniana <sup>2</sup>	*8 dA	*4 ns A	*0 ns A
Agro Quaraí <sup>3</sup>	*8 dA	*0 ns B	*0 ns B
Embrapa 139 <sup>3</sup>	*15 cA	*0 ns B	*0 ns B
AF 12109 <sup>3</sup>	*16 cA	*5 ns B	*0 ns B
AF 12209 <sup>3</sup>	*18 cA	*2 ns B	*0 ns B
Agro Esteio <sup>3</sup>	*28 bA	*0 ns B	*0 ns B
AF 12202 <sup>3</sup>	*49 aA	*0 ns B	*0 ns B
Controle (água destilada) = 100%			

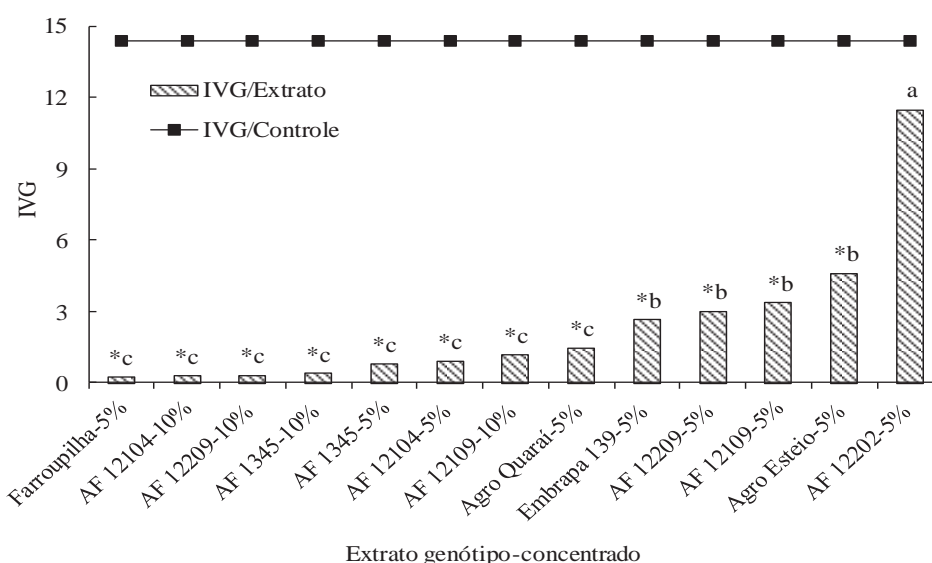
Fonte: dados do autor.

Notas: \*Indica diferença significativa em relação ao tratamento de controle pelo teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ); ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

<sup>1</sup>Em g de material vegetal seco/100 mL de água destilada. <sup>2</sup>Aveia-branca. <sup>3</sup>Aveia-preta.

Dos 27 extratos testados, apenas 13 não inibiram totalmente a germinação das sementes e, por isso, houve a possibilidade de avaliar os demais atributos, como IVG, comprimento de raiz e de hipocótilo. Nesses três atributos, em geral, os extratos mais alelopáticos foram elaborados a 10% p/v (Figuras 1 e 2). Em relação ao IVG, todos os extratos, exceto AF 12202-5%, retardaram a germinação. Nesse quesito, os extratos mais alelopáticos foram UPPFS Farroupilha-5%, AF 12104-10%, AF 12209-10%, AF 1345 Ucraniana (5% e 10%), AF 12104-5%, AF 12109-10% e Agro Quaraí-5% (Figura 1).

Figura 1 – Efeito de extratos aquosos brutos elaborados com biomassa de genótipos de aveia (*Avena* spp.), a concentrações de 5 e 10% p/v, no índice de velocidade de germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*). Passo Fundo - 2017



Notas: \*Indica diferença em relação ao tratamento de controle (água destilada) pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Letras distintas sobre as colunas indicam diferença significativa entre os extratos pelo teste de Scott- Knott ( $p < 0,05$ ).

#### 5.4.2 Efeito dos extratos sobre o alongamento das plântulas

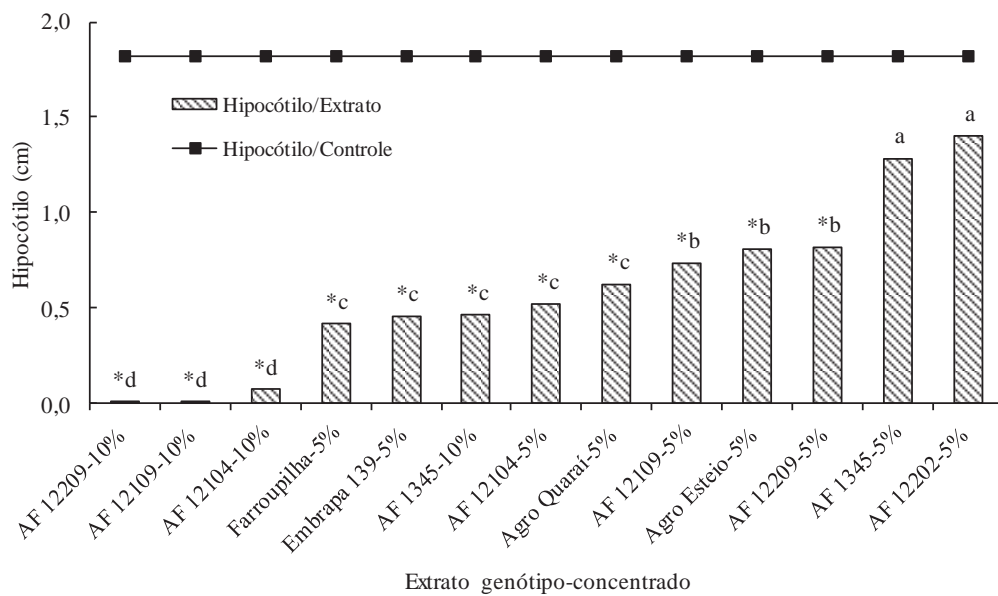
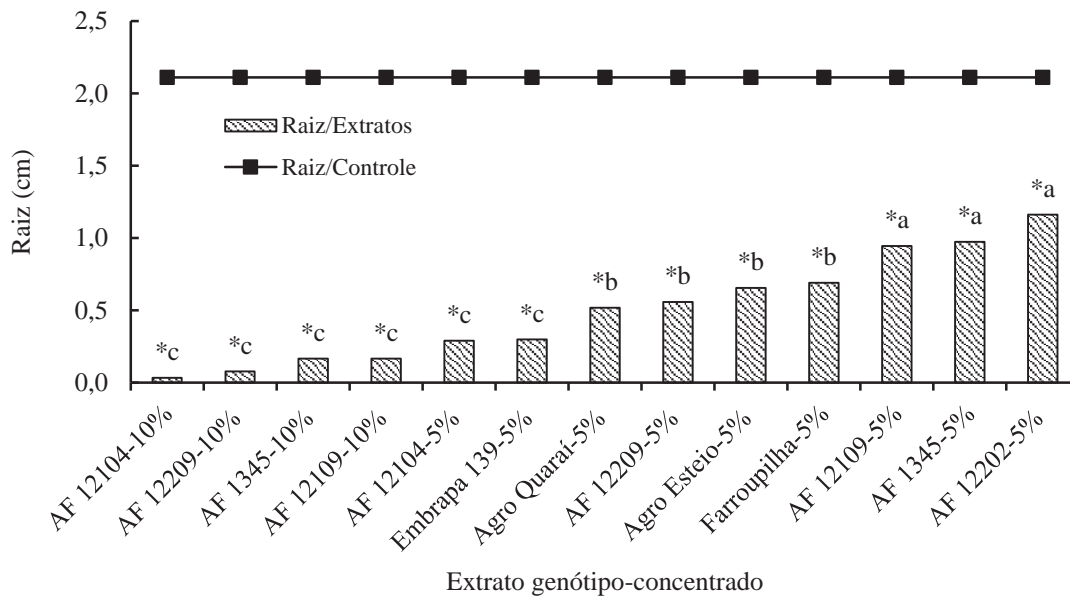
Considerando o alongamento da raiz, todos os extratos foram alelopáticos, já que diferiram do tratamento de controle ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Os extratos AF 12104 (5% e 10%), AF 12209-10%, AF 1345 Ucraniana-10%, AF 12109-10% e Embrapa 139-5% foram aqueles que mais inibiram o crescimento da raiz primária, em contraponto com os extratos AF 12109-5%, AF 1345 Ucraniana-5% e AF 12202-5%, que mostraram menor efeito alelopático. Para o comprimento do hipocótilo, verificou-se similaridade em relação ao efeito sobre a raiz quanto aos extratos mais inócuos. Os extratos AF 1345-5% e AF 12202-5%, não foram alelopáticos quanto ao alongamento da parte aérea das plântulas pois não diferiram do tratamento de controle (Figura 2).

O efeito dos extratos genótipo-concentrados que mostraram ação alelopática sobre a germinabilidade e o alongamento de plântulas de alface variou de potencialmente

alelopáticos (35% a 49% de inibição) a efetivamente ( $\geq 50\%$  de inibição), de acordo com critério de Souza Filho e Mourão Jr. (2010) (Quadro 1). Todos os extratos foram efetivamente inibitórios quanto à germinação das sementes, inibindo entre 51% (AF 12202-5%) a 100% a extrusão da raiz primária e de hipocótilo (Tabela 1).

Dos 13 extratos que atuaram parcialmente sobre a germinação, permitindo o alongamento de plântulas, apenas AF 12202-5% não foi potencial ou efetivamente inibitório para o IVG e para o alongamento de hipocótilo, já que não se mostrou alelopático para esses atributos (Figuras 1 e 2). Esse extrato foi o de menor ação alelopática para o crescimento da raiz, sendo classificado de potencialmente inibitório (inibição= 45%). Semelhante resposta foi verificada com o extrato AF 1345 Ucrariana-5%, que foi efetivamente inibitório para germinação, IVG e alongamento radicial, mas não afetou o alongamento de hipocótilo (Figuras 1 e 2).

Figura 2 – Efeito de extratos aquosos brutos elaborados com biomassa de genótipos de aveia (*Avena* spp.), a concentrações de 5 e 10% p/v, no comprimento de raiz primária e hipocótilo de plântulas de alface (*Lactuca sativa*). Passo Fundo - 2017



Notas: \*Indica diferença em relação ao tratamento de controle (água destilada) pelo teste de Dunett ( $p < 0,05$ ). Letras distintas sobre as colunas indicam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Quadro 1 – Sinopse do tipo de efeito alelopático de extratos aquosos brutos elaborados com biomassa de genótipos de aveia (*Avena spp.*) a concentrações de 5, 10 e 20% p/v em atributos de germinabilidade e alongamento de plântulas de alface (*Lactuca sativa*). Passo Fundo - 2017

Genótipo	Concentração do Extrato (p/v%)	Efeito inibitório			
		Germinação	IVG <sup>1</sup>	Raiz	Hipocótilo
UPFPS Farroupilha	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	...	...	...
	20	(++)	...	...	...
AF 1345 Ucraniana	5	(++)	(++)	(++)	(NA)
	10	(++)	(++)	(++)	(++)
	20	(++)	...	...	...
AF 12104	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	(++)	(++)	(++)
	20	(++)	...	...	...
AF 12109	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	(++)	(++)	(++)
	20	(++)	...	...	...
AF 12209	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	(++)	(++)	(++)
	20	(++)	...	...	...
Agro Quaraí	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	...	...	...
	20	(++)	...	...	...
Agro Esteio	5%	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	...	...	...
	20	(++)	...	...	...
Embrapa 139	5	(++)	(++)	(++)	(++)
	10	(++)	...	...	...
	20	(++)	...	...	...
AF 12202	5	(++)	(NA)	(+)	(NA)
	10	(++)	...	...	...
	20	(++)	...	...	...

Notas: (NA): não alelopático; (+) potencial; (++) efetivo.

Sinal convencional utilizado:

... dado numérico não disponível (ausência de sementes germinadas).

<sup>1</sup> Índice de velocidade de germinação.



## 5.5 Discussão

Os resultados comprovaram a principal hipótese aqui testada, de que a atividade alelopática de aveia-branca e aveia-preta, em bioensaio, é genótipo-dependente, dependendo da concentração do extrato. Se o efeito alelopático fosse somente devido ao genótipo, sob qualquer concentração de extrato seria observada alteração na germinação e no crescimento das plântulas. Em contraste, se o efeito alelopático fosse devido inteiramente à concentração dos extratos, as aveias seriam igualmente alelopáticas. Essas premissas foram parcialmente examinadas, já que, somente no teste de germinação, que é um dos principais indicadores da alelopatia em bioensaios, conseguiu-se detectar o efeito interativo genótipo-concentração (Tabela 1). Como não se obteve plântulas nos nove extratos a 20% p/v e em cinco extratos a 10% p/v, houve necessidade de prosseguir a análise estatística com a exclusão de 14 extratos e assumiu-se o delineamento unifatorial para os demais atributos biológicos avaliados (Figuras 1 e 2).

Por isso, o efeito genotípico pode ser constatado somente no teste de germinação, que, porém, é um dos mais importantes indicadores da alelopatia em bioensaios. Além disso, a diferença entre genótipos foi comprovada à menor das concentrações testadas. Como os genótipos testados são de diferentes obtentores, pressupondo que a seleção e/ou cruzamento foram distintos, a variabilidade genotípica quanto à alelopatia, aqui atestada decorre da diferença do material genético. A alelopatia das aveias decorre dos aleloquímicos presentes na planta, o que pressupõe a variabilidade entre os genótipos quanto a esse caractere.

A diferença entre os genótipos quanto à atividade alelopática sobre a germinação foi observada somente à menor concentração dos extratos (5% p/v), sugerindo que nas mais altas concentrações a quantidade de aleloquímicos foi excessivamente elevada a ponto de suprimir as diferenças genotípicas. Em bioensaios com *Avena* spp. (HAGEMANN et al., 2010) e canola (*Brassica napus* L.) (RIZZARDI et al., 2008) obteve-se resultados similares, em que à parte de serem concentrações acima daquelas aqui testadas, também mostraram que apenas sob extratos menos concentrados é que houve efeito genotípico da atividade alelopática sobre a germinação.

Apesar da necessidade de se confirmar no campo os resultados obtidos em laboratório, o bioensaio com uso de extratos brutos é um dos procedimentos mais empregados com vista à prospecção de atividade alelopática das plantas, permitindo que a ação dos aleloquímicos seja refletida sobre a espécie receptora (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010). Além disso, o uso da alface alinou-se com o que é de praxe em estudos dessa natureza, já que é considerada uma das principais espécies indicadoras de atividade alelopática, pela rápida e uniforme germinabilidade (WANDSCHEER; PASTORINI, 2008). Por isso, considerando o resultado tratamento de controle, a água destilada (Tabela 1), a germinação da espécie receptora foi 100%, demonstrando a validade da comparação dos resultados obtidos com a aplicação dos extratos.

Quanto à composição do material vegetal usado na elaboração dos extratos das aveias avaliadas neste estudo, uma análise de correlação (dados não mostrados) mostrou ausência de associação entre o percentual de germinação da planta indicadora e o percentual de colmo, folha e panícula de cada genótipo testado. Apesar de a folha ser a estrutura preferencial para estudos da atividade alelopática por meio de extratos brutos, outras frações da planta, como raízes, caules, flores, pólen e sementes, podem ser fonte de aleloquímicos (SOUZA FILHO; TREZZI; INOUE, 2011), o que valida os resultados aqui obtidos. O uso de material proveniente de plantas florescidas foi proposital neste trabalho, uma vez que as aveias, especialmente aveia-preta, são cultivadas para a formação de palhada no sistema de plantio direto de culturas sucessoras e, assim, são dessecadas no estágio de florescimento pleno.

A liberação de aleloquímicos no solo pelas plantas é influenciada por vários fatores, dentre eles o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra. O florescimento é o estágio em que há maior concentração de compostos na planta e, conseqüentemente, maior liberação ao solo (KANCHAN; JAYACHANDRAN, 1979; SCHUMACHER; THILL; LEE, 1983). Nesse sentido, o uso do material vegetal oriundo de plantas de aveia em estágio de florescimento pleno mostrou-se adequado ao objeto da pesquisa.

Em relação ao efeito sobre a germinação, apesar de todos os genótipos terem sido efetivamente alelopáticos ( $\geq 50\%$  de inibição), houve variação entre eles, a depender da concentração do extrato (Tabela 1). Os extratos de UPFPS Farroupilha, AF 12104, AF 1345 Ucraniana e Agro Quaraí foram os mais heterotóxicos e, exceto para essa última cultivar, independente da concentração usada. Para a maioria dos genótipos, a germinação foi significativamente minorada ao aumento da concentração. A avaliação da germinação de plantas indicadoras deve-se ao fato de que extratos que tenham efeitos deletérios sobre aspectos fisiológicos e genéticos das sementes, interferem no desenvolvimento e/ou na sobrevivência das plântulas (SOUZA FILHO; MOURÃO Jr., 2010; WANDSCHEER et al., 2011). O fato de se observar elevado efeito alelopático sobre a germinação, mesmo na menor concentração de material vegetal extraído, corrobora a constatação do valor alelopático das aveias, pois, em geral, a germinação é menos influenciada por aleloquímicos em relação ao seu efeito sobre a velocidade da germinação e sobre o crescimento da plântula (FERREIRA; AQUILA, 2000).

Neste trabalho todos os genótipos, exceto AF 12202-5%, foram efetivamente alelopáticos sobre o IVG (Figura 1; Quadro 1). Dessa forma, os extratos retardaram a germinação, provavelmente devido à alteração da velocidade com que a semente absorveu água e desencadeiou reações metabólicas das reservas necessárias para a sobrevivência da plântula (ALVES; SILVA; CÂNDIDO, 2015). O comprimento da raiz primária é um atributo essencial para avaliar a atividade alelopática de extratos de plantas, pois as raízes são mais sensíveis à ação dos aleloquímicos presentes nos extratos quando comparadas às demais estruturas das plântulas (CHON; COUTTS; NELSON, 2000). O efeito genotípico sobre esse caractere foi observado por Wu et al. (2000), que constataram significantes diferenças entre cultivares de trigo sobre plântulas de azevém.

Referindo-se ao comprimento do hipocótilo, nos extratos em que houve desenvolvimento de plântulas, esses foram classificados como potencialmente alelopáticos (35% a 49% de inibição), exceto AF 1345 Ucraniana e AF 12202, a 5% p/v de concentração (Figura 2 e Quadro 1). O fato do atributo comprimento da raiz primária das plântulas ser afetado por todos os extratos em comparação com o comprimento do hipocótilo, deve-se ao padrão de resposta de cada estrutura da espécie receptora em

relação à ação inibitória dos aleloquímicos presentes nos extratos (ABDELGALEIL; HASHINAGA, 2007; GATTI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012).

Considerando que todos os genótipos de aveias inibiram totalmente a germinação e, conseqüentemente, dos demais atributos na concentração máxima de extrato, pode-se inferir que, em condições naturais de cultivo, ao aumento da quantidade de biomassa há maior quantidade de aleloquímicos nos efluentes oriundos da decomposição dos resíduos. O acúmulo de biomassa de aveia-preta controla a densidade de papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.) (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000) e de outras espécies (BRUST; GERHARDS, 2012), indicando importante efeito supressor de invasoras em sistemas agrícolas. O uso dessa planta para produção de forragem e cobertura do solo pode ser uma alternativa para supressão de plantas daninhas, além da proteção e melhoria das condições físicas e sanitárias do solo (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003).

O cultivo de aveias pode influenciar as condições do solo por meio da exsudação de substâncias alelopáticas e a intensa formação de palhada pode inibir a germinação de sementes, que também poderá ser influenciada negativamente pela diminuição da incidência de luz sobre o solo (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Isso pode ser considerado porque extratos de parte aérea seca de aveias causaram efeitos deletérios significativos sobre a germinação e alongamento de raiz de plântula (Tabela 1 e Figura 2). Assim, a inibição da germinação de sementes, constatadas pela ação dos extratos de aveias (Tabela 1) podem desacelerar o processo de formação de novas plantas daninhas nas áreas de cultivo, diminuindo sua capacidade competitiva por fatores essenciais à sua sobrevivência (SOUZA FILHO; MOURÃO Jr., 2010).

A atividade alelopática de aveia pode ser atribuída, em parte, à sua capacidade de exsudar escopoletina (FAY; DUKE, 1977; JACOBI; FLECK, 2000). Porém, as aveias são ricas em outros compostos fenólicos ao qual se atribuem efeitos alelopáticos. Chini (2017, p. 61-73), ao avaliar a composição química de seis cultivares e uma linhagem de aveia-preta, detectou ácido ferúlico e p-cumárico presentes nas paredes celulares de lignina dessas gramíneas. Kato-Noguchi et al. (1994), ao testarem o efeito inibitório de frações aquosas, etílica e cetônica de extratos de aveia-branca sobre sementes e plântulas

de alface, sugeriram que o composto L-triptofano pode ser um aleloquímico que afeta a germinação.

As aveias são dotadas de substâncias estruturais pré-formadas que constituem uma barreira de defesa física e química que restringem a infecção por patógenos. Como exemplo desses compostos está a avenacina A-1, a lignina e a suberina. A síntese desses compostos pela planta ocorre em maior intensidade quando a mesma for atacada por fitopatógenos (MERT-TÜRK; EGESEL; GÜL, 2005; MERT-TÜRK, 2006; SORIANO et al., 2004). Estas substâncias podem estar relacionados, ainda, com a atividade alelopática vegetal.

A total inibição da germinação e o alongamento de raiz pelos extratos de aveias aqui testados desafia à sua caracterização fitoquímica, pois plantas que sintetizam substâncias com atividade alelopática podem ter ação biocida e serem utilizadas como alternativa ao uso de defensivos, além de servir como possíveis fontes de novos compostos (NIRO et al., 2016).

O uso de descritores funcionais relativos à atividade alelopática e à composição aleloquímica nos programas de melhoramento de *Avena* spp. agregaria importantes informações para estratégia de uso da cultura como planta de cobertura, na rotação de culturas e na produção de palha, contribuindo para a supressão das plantas daninhas.

## 5.6 Conclusões

A atividade alelopática de extratos de aveia sobre a germinação e crescimento de plântulas de alface é dependente da interação entre genótipo e concentração. O efeito inibitório é crescente com o aumento na concentração de extrato, com o que se infere maior acúmulo de aleloquímicos, que são compostos responsáveis pelos efeitos deletérios sobre sementes e plântulas da espécie receptora.

A característica alelopática dos genótipos de aveia é melhor evidenciada a 5% p/v de concentração. Os genótipos que mostram efetiva atividade alelopática sobre a

germinação e crescimento de plântulas são UPFPS Farroupilha, AF 12104, AF 1345  
Ucraniana, Agro Quaraí, Embrapa 139, AF 12109, AF 12209, Agro Esteio, AF 12202.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo testou-se a reação de aveias a nematoides, a ação de extratos aquosos elaborados com a biomassa dessas plantas sobre a eclosão de juvenis dos nematoides, a fim de testar a atividade nematicida e, finalmente, a atividade alelopática vegetal de extratos brutos.

Quanto à reação aos nematoides, os quatro genótipos de aveia-branca e os seis genótipos de aveia-preta foram submetidos a diferentes concentrações de inóculo dos nematoides do gênero *Meloidogyne* (*M. javanica* (Treub) Chitwood e *M. incognita* (Kofoid e White) Chitwood), o que confere maior confiabilidade nos resultados, em relação a testes efetuados com apenas uma concentração de inóculo. Os genótipos apresentaram variação quanto à reação aos nematoides, dependendo da concentração do inóculo, mostrando a importância de incluir nos bioensaios concentrações contrastantes de inóculo.

Todos os genótipos de aveia-branca (IPR Afrodite, AF 1345 Ucraniana, UPFA Ouro e UPFPS Farroupilha) apresentaram reação de resistência nas duas concentrações de inóculo de ambas as espécies de nematoides e, assim, mostraram estabilidade em relação ao fator de reprodução dos nematoides nas raízes, em comparação com os genótipos de aveia-preta. Por sua vez, dos seis genótipos de aveias-pretas testados, quatro apresentaram reação de suscetibilidade a *M. javanica* (AF 12202, Iapar 61 Ibiporã, Agro Esteio e Agro Quaraí) e três genótipos apresentaram reação suscetibilidade a *M. incognita* (Agro Quaraí, Agro Esteio e Iapar 61 Ibiporã), quando testados em menor concentração de inóculo. Isso demonstra que essas aveias-pretas foram mais instáveis em relação ao fator de reprodução dos nematoides nas raízes.

Apesar de não terem sido testados os mesmos genótipos nos ensaios de reação aos nematoides e da avaliação da atividade nematicida, mesmo os genótipos que foram suscetíveis a *M. javanica* e *M. incognita* mostraram efetividade de seus extratos no controle da eclosão de juvenis dos nematoides. Têm-se nesse caso AF 12202, Agro Esteio e Agro Quaraí. Porém, não foram testados os extratos das cvs. Iapar 61 Ibiporã e UPFA 21 Moreninha, de aveia-preta, e das cvs. IPR Afrodite e UPFA Ouro, de aveia-branca, o que é um fator limitante à generalização do efeito nematicida das aveias. O motivo pelo qual tais genótipos não foram testados neste estudo foi por não terem sido cultivados no mesmo local que os demais, o que poderia mascarar os resultados. Esse é um aspecto a ser revisado em trabalhos futuros, pela realização dos ensaios com o mesmo germoplasma.

Quanto à atividade alelopática, à semelhança do que ocorreu no ensaio de atividade nematicida, a variabilidade entre os genótipos foi verificada quando testada a menor concentração de extrato (5% p/v). Isso indica que mesmo com a baixa quantidade de biomassa extraída em água, os aleloquímicos estiveram em concentração suficiente para exercer supressão na germinação e crescimento das plântulas. Nas concentrações a 10 e 20% p/v os genótipos não diferiram estatisticamente entre si, uma vez que já ocorreu parcial (10% p/v) ou total inibição da germinação (20 % p/v). Portanto, sugere-se que em estudos dessa natureza sejam elaborados extratos com mais de uma concentração.

Os resultados deste estudo traz novidades, já que abordou temas ainda pouco explorados em *Avena* spp., com a vantagem de ter avaliado genótipos de diferentes obtentores, pressupondo distintas origens genéticas. Os resultados ampliam o conhecimento a respeito do valor da aveia-branca e aveia-preta com relação ao controle de nematoides e atividades nematicida e alelopática, e desafia os melhoristas a incluírem tais aspectos nos protocolos de seleção.

Por sua vez, a informação de caracteres como esses poderia agregar valor às cultivares e proporcionar maior conhecimento aos obtentores, técnicos e produtores sobre o adequado uso desses materiais. Assim, rotação ou sucessão de culturas com cultivares de aveias resistentes aos nematoides-das-galhas, com ação nematicida e alelopática é uma



estratégia de manejo para suprimir o nível populacional dos patógenos e de plantas daninhas.

Sugere-se a continuidade dos trabalhos, por meio de:

a) estudos no campo, em condições comumente praticadas pelos agricultores, a fim de verificar a reação de genótipos de *Avena* spp. aos nematoides-das-galhas;

b) utilização da biomassa fresca de *Avena* spp. para verificação da atividade nematicida e alelopática;

c) avaliação de compostos aleloquímicos em *Avena* spp.

## 7 CONCLUSÃO GERAL

Os resultados deste trabalho confirmam a hipótese de que há variabilidade em *Avena* spp. quanto a reação aos nematoides-das-galhas, atividade nematicida e alelopática. A variabilidade quanto à reação de resistência ou suscetibilidade é observada quando os genótipos estão sob diferentes níveis de infestação de ambas as espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne*. Estudos englobando diferentes densidades populacionais de nematoides são fundamentais para classificação da resistência e/ou suscetibilidade dos materiais testados. A classificação de genótipos de aveias em resistentes ou suscetíveis obtida por meio de uma única concentração de inóculo pode ser insatisfatória, visto que os genótipos exibem variabilidade quanto à reação aos nematoides sob diferentes níveis de infestação do patógeno.

O cultivo de genótipos de aveia em rotação de culturas, antecedendo a cultura principal, pode suprimir a população de nematoides de áreas infestadas, desde que se conheça a espécie do nematoide presente, o seu nível de infestação e a reação do genótipo de aveia à espécie do nematoide. O conhecimento da reação dos genótipos de aveias sob diferentes densidades populacionais dos nematoides é uma etapa essencial para o controle dos fitopatógenos.

Os genótipos de *Avena* spp. apresentam variabilidade quanto à eficiência no controle da eclosão de *M. javanica* e *M. incognita*, acessada pela aplicação de extratos aquosos elaborados com a parte aérea de linhagens e cultivares de aveia-branca e aveia-preta. À medida que aumenta a concentração dos extratos há o incremento na eficiência de controle da eclosão, o que sugere elevação da quantidade das substâncias químicas inibitórias ao fitopatógeno. Essas constatações pressupõem a possibilidade da escolha de genótipos de *Avena* spp. com maior potencial inibitório dos nematoides-das-galhas, o que sustenta a continuidade dos estudos com ensaios no campo.

Há variabilidade em genótipos de aveias quanto à atividade alelopática vegetal. A atividade alelopática de extratos elaborados com a massa seca da parte aérea de genótipos de aveia-branca e aveia-preta, colhidas no estágio de florescimento pleno, é variável de acordo com a concentração. A intensidade do efeito alelopático é crescente com o aumento na concentração, com o que se infere maior acúmulo de aleloquímicos, que são compostos responsáveis pelos efeitos deletérios sobre sementes e plântulas da espécie receptora.

Assim, rotação ou sucessão de culturas com cultivares de aveia resistentes aos nematoides-das-galhas e/ou com ação nematicida é uma estratégia de manejo para reduzir e/ou suprimir o nível populacional dos patógenos. A elucidação dos mecanismos de resistência dos genótipos de aveias a nematoides e o conhecimento das substâncias responsáveis pela ação nematicida e alelopática de aveias é uma etapa essencial para o avanço dos programas de melhoramento. Dessa forma, cultivares de *Avena* spp. selecionadas por descritores funcionais relativos à reação de resistência a nematoides, à atividade nematicida e atividade alelopática podem ser usadas estrategicamente na supressão da população de nematoides-das-galhas e de plantas daninhas.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, P.; FAVERY, B.; ROSSO, M. N.; CASTAGNONE-SERENO, P. Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. **Molecular Plant Pathology**, v. 4, n. 4, p. 217–224, 2003.
- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.
- ABDELGALEIL, S. A. M.; HASHINAGA, F. Allelopathic potential of two sesquiterpene lactones from *Magnolia grandiflora* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n.11, p. 737-742. 2007.
- AHMAD, M.; GUL-ZAFFAR, D. Z. A.; HABIB, M. A review on oat (*Avena sativa* L.) as a dual purpose crop. **Scientific Research and Essays**, v. 9, n. 4, p. 52-59, 2014.
- ALVES, R. B. N.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B. S.; VIEIRA, R. F. **Manual de curadores de germoplasma vegetal: caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal**. 1. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. (Documentos, 315).
- ALVES, C. Z.; SILVA, J. B. da; CÂNDIDO, A. C. S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 615-621, 2015.
- ANDREAZI, E.; SERA, G. H.; FARIA, R. T. de; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z.; SHIGUEOKA, L. H.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C. Behavior of 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' coffee cultivars under different infestation levels of *Meloidogyne paranaensis* inoculum. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 11, p. 1069-1074, 2015.
- ARAÚJO, F. F.; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 2, n. 2, p. 220-224, 2012.
- BARBOSA NETO, J. F.; MATIELLO, R. R., CARVALHO, F. I. F. DE, OLIVEIRA, J. M. S.; PEGORARO, D. G.; SCHNEIDER, F.; SORDE, M. E. B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.
-

- BARKER, K. R. Perspectives on plant and soil nematology. **Annual Review of Phytopathology**, v. 41, p. 1-25, 2003.
- BERTHOLDSSON, N. O. Varietal variation in allelopathic activity in wheat and barley and possibilities for use in plant breeding. **Allelopathy Journal**, v. 19, n.1, p. 193-202, 2007.
- BERTOLDI, C. de; MARINELLA D. L.; BRACA, A.; ERCOLI, L. Bioassay-guided isolation of allelochemicals from *Avena sativa* L.: allelopathic potential of flavone C-glycosides. **Chemoecology**, v. 19, n. 3, p. 169–176, 2009.
- BIRD, D. M.; OPPERMAN, C. H.; DAVIES, K. G. Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes: now and then. **International Journal for Parasitology**, v. 33, n. 11, p. 1269-1276, 2003.
- BORGES, D. C.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; INOMOTO, M. M. Reação de genótipos de *Avena* spp. a *Meloidogyne incognita* raça 4. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 1, p. 24-28, 2009.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 399p.
- BRUST, J.; GERHARDS, R. Lopsided oat (*Avena strigosa*) as a new summer annual cover crop for weed suppression in Central Europe. **Julius Kühn-Institut**, v. 434, n. 1, p. 257-264, 2012.
- CABRERA, J. A.; KIEWNICK, S.; GRIMM, C.; DABABAT, A. A.; SIKORA, R. A. Efficacy of abamectin seed treatment on *Pratylenchus zaeae*, *Meloidogyne incognita* and *Heterodera schachtii*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 116, n. 3, p. 124-128, 2009.
- CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G.; PERFUS-BARBEOCH, L.; ABAD, P. Diversity and evolution of root-knot nematodes, genus *Meloidogyne*: new insights from the genomic era. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, p. 203–220, 2013.
- CHINI, S. O. **Variabilidade em germoplasma de aveia-preta quanto a caracteres relacionados à aptidão forrageira ou cobertura do solo**. 2017. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

CHON, S. U.; COUTTS, J. H.; NELSON, C. J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 4, p. 715-720, 2000.

DALLA CORTE, G.; PINTO, F. F.; STEFANELLO, M. T.; GULART, C.; RAMOS, J. P. DE; BALARDIN, R. S. Technology application technology of pesticides for control of soybean nematodes. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, 2014.

DAVIS, E. L.; HUSSEY, R. S.; BAUM, T. J.; Getting to the roots of parasitism by nematodes. **Trends in Parasitology**, v. 20, n. 3, p. 134-141, 2004.

DE HOOFF, P. L.; BRILL L. M.; HIRSCH, A. M. Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense. **Molular Genetic Genomics**, v. 1, n. 282, p.1-15, 2009.

DEUNER, C. C.; GHISSI, V. C.; TEDESCO, I. Nematóide de galha. In: REIS, E. M.; CASA, R. T. (Org.). **Doenças da soja**. 1 ed. Passo Fundo: Berthier, 2012. p. 385-394.

DIAS, C. R.; SCHWAN, A. V.; EZEQUIEL, D. P.; SARMENTO, M. C.; FERRAZ, S. Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais na sobrevivência de juvenis de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 203-210, 2000.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FREITAS, L. G. de; FERRAZ, S.; RIBEIRO, R. C. F. Fatores que afetam a eclosão de fitonematóides. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 16, p. 306-336, 2008.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. **Nematóides em soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Documentos, 76).

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M., SHRADER, K.; ALIOTTA, G.; OLIVA, A.; ROMAGNI, J. G. Chemicals from nature for weed management. **Weed Science**, v. 50, p. 138–151, 2002.

ELLING, A. A. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. **Phytopathology**, v. 103, n. 11, p. 1092-1102, 2013.

ESCOBAR, C.; BARCALA, M.; CABRERA, J.; FENOLL, C. Overview of Root-Knot Nematodes and Giant Cells. In: ESCOBAR, C.; FENOLL, C. **Advances in Botanical Research**. Pant nematode interactions: a view on compatible interrelationships. 1. ed. London: Academic Press, 2015. p. 1-32.

ESPOSITO, A.; FIORENTINO, A.; D'ABROSCA, B.; IZZO, A.; CEFARELLI, G.; GOLINO, A.; MONACO, P. Potential allelopathic interference of *Melilotus neapolitana* metabolites on three coexisting species of Mediterranean herbaceous plant community. **Journal of Plant Interactions**, v. 3, n. 3, p. 199-210, 2008.

EVERALDO, A. L.; FERRAZ, S.; FERREIRA, P. A.; FREITAS, L. G.; GARDIANO, C. G.; DHINGRA, O. D.; DALLEMOLE-GIARETTA, R. Efeito da incorporação da parte aérea de quatro espécies vegetais sobre *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 76-80, 2008.

FARIA, C. M. D. R.; SALGADO, S. M. L.; CAMPOS, H. D.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P.; COIMBRA, J. L. Mecanismos de ataque e defesa na interação nematoide-planta. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 11, p. 373-410, 2003.

FASKE, T. R.; STARR, J. L. Cotton root protection from plant-parasitic nematodes by abamectin treated seed. **Journal of Nematology**, v. 39, n. 1, p. 27-30, 2007.

FAY, P. K.; DUKE, W. B. Allelopathic potential in *Avena*. **Weed Science**, v. 25, n. 3, p. 224-228, 1977.

FERRAZ, L. C. C. B.; PITELLI, R. A.; FURLAN, V. Nematoides associados a plantas daninhas na região de Jaboticabal – SP.: primeiro relato. **Planta Daninha**, v. 1, n. 1, p. 5-11, 1978.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000. Edição especial.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed., Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 277-305.

FRAGOSO, R. R.; LOURENÇO, I. T.; VIANA, A. A. B.; SOUZA, D. S. L.; ANDRADE, R. V.; MEHTA, A.; BRASILEIRO, A. C. M.; PINTO, E. R. C.; LIMA, R. M.; ROCHA, T. L.; SA, M. F. G. **Interação molecular planta-nematoide**, 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. (Documentos, 198).

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documentos, 327).

GATTI, A. B.; FERREIRA, A. G.; ARDUIN, M.; PEREZ, S. C. G. A. Allelopathic effects of aqueous extracts of *Artistolochia esperanzae* O. Kuntze on development of *Sesamum indicum* L. seedlings. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 454-461, 2010.

GARDIANO, C. G.; FERRAZ, S.; LOPES, E. A.; FERREIRA, P. A.; AMORA, D. X.; FREITAS, L. G. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 551-556, 2009.

GARDIANO, C. G.; MURAMOTO, S. P.; KRZYZANOWSKI, A. A.; ALMEIDA, W. P. de; SAAB, O. J. G. A. Efeito de extratos aquosos de espécies vegetais sobre a multiplicação de *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 4, p. 553-556, 2011.

GARDIANO, C. G.; KRZYZANOWSKI, A. A.; SANTIAGO, D. C.; ABI-SAAB, O. J. G. Avaliação de genótipos de aveia ao parasitismo de *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raça 3. **Nematropica**, v. 42, n. 1, p. 80-83, 2012.

GHEYSEN, G.; FENOLL, C. Gene expression in nematode feeding sites. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 191-219, 2002.

GOELLNER, M.; SMANT, G.; BOER, J. M. de; BAUM, T. J.; DAVIS, E. L. Isolation of Beta-1,4-Endoglucanase genes from *Globodera tabacum* and their expression during parasitism. **Journal of Nematology**, v. 32, n. 2, p. 154-165, 2000.

GOMES, Jr, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GOMMERS, F. J. Biochemical interactions between nematodes and plants and their relevance to control. **Plant Nematology**, v. 50, n. 1, p. 9-24, 1981.

GOMEZ-RODRÍGUEZ, O.; CORONA-TORRES, T.; AGUILAR-RINCON, V. H. Differential response of pepper (*Capsicum annuum* L.) lines to *Phytophthora capsici* and root-knot nematodes. **Crop Protection**, v. 92, p. 148-152, 2017.

GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCOE, R. (Ed). **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Maracaju: Fundação MS, 2014. p. 194-203.

GUENZI, W. D.; MCCALLA, T. M. Phenolic acids in oat, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**, v. 58, n. 3, p. 303-304, 1966.

GUENZI, W. D.; MCCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 163-165, 1967.

HAGEMANN, T. R.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESE, J. A.; MARTIN, T. N.; PAGLIOSA, E. S.; BECHE, E. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P. MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Documentos, 256).



INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Controle de nematoides une resistência, rotação e nematicidas. **Visão Agrícola**, n. 6, p. 46-50, 2006.

INOMOTO, M. M. Técnicas clássicas da diagnose de fitonematoides. In: OLIVEIRA, C. M. G. de; SANTOS, M. A. dos; CASTRO, L. H. S. e. **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millenium, 2016. p. 254-276.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 11-19, 2000.

JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LOPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.; WESEMAEL, W. I. M. M. L.; PERRY, R. N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, n. 9, p. 946-961, 2013.

KANCHAN, S. D.; JAYACHANDRAN, K. S. Allelopathic effects of *Parthenium hysterophorus* L. I. Exudation of inhibitors through roots. **Plant Soil**, v. 53, p. 27-35, 1979.

KARURI, H. W.; OLAGO, D.; NEILSON, R.; MARARO, E.; VILLINGER, J. A survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. **Crop Protection**, v. 92, p. 114-121, 2017.

KATO-NOGUCHI, H.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S.; HASEGAWA, J. M. Allelopathy of oats. I. Assessment of allelopathic potential of extract of oat shoots and identification of an allelochemical. **Journal of Chemical Ecology**. v. 20, n. 2, p. 309–314, 1994.

KULCHESKI, F. R. **Potencial da Resistencia Genética a Ferrugem da Folha em Aveia para o Controle da Moléstia no Sul do Brasil**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LACERDA, J. T. J. G. de; LACERDA, R. R. e.; ASSUNÇÃO, N. A.; TASHIMA, A. K.; JULIANO, M. A.; SANTOS JR, G. A. dos; SOUZA, M. D. de; BATISTA, J. L.; ROSSI, C. E.; GADELHA, C. A. A.; SANTI-GADELHA, T. New insights into lectin from *Abelmoschus esculentus* seeds as a kunitz-type inhibitor and its toxic effects on *Ceratitidis capitata* and root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. **Process Biochemistry**, v. 63, p. 96-104, 2017.

LAYNEZ-GARSABALL, J. A.; MENDEZ-NATERA, J. R. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plântulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) cv. Arapatol S-15. **Idesia**, v. 24, n. 2, p. 61-75, 2006.

- LUPINI, A.; ARANITI, F.; SUNSERI, F.; ABENAVOLI, M. R. Coumarin interacts with auxin polar transport to modify root system architecture in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Growth Regulation**, v. 74, n. 1, p. 23-31, 2014.
- MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; DORIGO, O. F.; RIEDE, C. R.; GARBUGLIO, D. D. Phenotypic variability and response of Brazilian oat genotypes to different species of root-knot and root-lesion nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 1, p. 111-117, 2015.
- MACHADO, A. C. Z.; ARAÚJO FILHO, J. V. Broad -sense heritability and variance component estimates for *Pratylenchus brachyurus* resistance in Brazilian soybean genotypes. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, p. 390–396, 2016.
- MACIAS, F. A.; MOLINILLO, J. M. G.; VARELA, R. M.; GALINDO, J. C. G. Allelopathy: a natural alternative for weed Control. **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 327-348, 2007.
- MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 547-555, 2006.
- MARBAN-MENDOZA, N.; JEYAPRAKASH, H. B.; JANSSON, R. A.; DAMON, J.R.; ZUCKERMAN, B. M. Control of root-knot nematodes on tomato by lectins. **Journal of Nematology**, v. 19, n. 3, p. 331-335, 1987.
- MARINI, P.; GARBUGLIO, D. D.; DORIGO, O.; MACHADO, A. C. Z. Histological characterization of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Avena sativa*. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, n. 4, p. 203-209, 2016.
- MARTINS, M. C. B.; SANTOS, C. D. G. Ação de extratos de plantas medicinais sobre juvenis de *Meloidogyne incognita* raça 2. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 135-142, 2016.
- MATEUS, M. A. F.; FARIA, C. M. D. R.; BOTELHO, R. V.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERREIRA, S. G. M.; ZALUSKI, W. L. Extratos aquosos de plantas medicinais no controle de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 730-736, 2014.
- MEDEIROS, A. R. M. de; LUCCHESI, A. A. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) sobre a alface em testes de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 9-14, 1993.
- MERT-TÜRK, F.; EGESEL, C. Ö.; GÜL, M. K. Avenacin A-1 content of some local oat genotypes and in vitro effect of avenacins on several soil-borne fungal pathogens of cereals. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 29, p. 157-164, 2005.

- MERT-TÜRK, F. Saponins versus plant fungal pathogens. **Journal of Cell and Molecular Biology**, v. 5, p. 13-17, 2006.
- MIAMOTO, A.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; CARDOSO, M. R.; PUERARI, H. H. Penetration and reproduction of *Meloidogyne javanica* on leguminous crops. **Journal of Phytopathology**, v. 164, n. 11-12, p. 890-895, 2016.
- MOLAN, A. L.; ALEXANDER, R. A.; BROOKES, I. M.; MCNABB, W. C. Effects of an extract from sulla (*Hedysarum coronarium*) containing condensed tannins on the migration of three sheep gastrointestinal nematodes *in vitro*. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v. 60, p. 21-25, 2000.
- MOREIRA, F. J. C.; SANTOS, C. D. G.; INNECCO, R. Eclosão e mortalidade de juvenis J2 de *Meloidogyne incognita* raça 2 em óleos essenciais. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p. 441-448, 2009.
- MORILLO, S. R. C.; SILVA, G. S. da. Efeito antagônico de feijão-de-porco sobre *Meloidogyne enterolobii* em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 4, p. 305-310, 2015.
- MORITZ, M. P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R. G. Reação de aveia a *Meloidogyne incognita* raças 1 e 3, e a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 207-210, 2003.
- MUKHTAR, T.; AROOJ, M.; ASFAQ, M.; GULZAR, A. Resistance evaluation and host status of selected green gram germplasm against *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v. 92, p. 198-202, 2017.
- NEVES, W. S.; FREITAS, L. G.; FABRY, C. F. S.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERREIRA, P. A.; FERRAZ, L. O.; DHINGRA, O. D.; FERRAZ, S. Ação nematicida de óleo, extratos vegetais e de dois produtos à base de capsaicina, capsainóides e alil isotiocianato sobre juvenis de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood\*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 93-100, 2008.
- NIRO, E.; MARZAIOLI, R.; CRESCENZO, S. de; D'ABROSCA, B.; CASTALDI, S.; ESPOSITO, A.; FIORENTINO, A.; RUTIGLIANO, F. A. Effects of the allelochemical coumarin on plants and soil microbial community. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 95, p. 30-39, 2016.
- OLIVEIRA, S. C. C.; GUALTIERI, S. C. J.; DOMINGUEZ, F. A. M.; MOLINILLO, J. M. G.; MONTOYA, R. V. Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 607-618, 2012.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De landbouwhogeschool Te Wageningen**, v. 66, n. 4, p.1-46, 1966.

PATEL, H. R.; THAKAR, N. A.; PATEL, C. C. Preliminary studies on action of new leaf extracts and nematicide on egg-hatching of root-knot nematodes. **Madras Agricultural Journal**, v. 74, p. 110-111, 1987.

PRICE, A. J., REEVES, D. W., PATTERSON, M. G. Evaluation of weed control provided by three winter cereals in conservation-tillage soybean. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 21, n. 3, p. 159–164, 2006.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. de. How and why to measure de germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. London: Academic Press, 1984. 368p.

RIEDE, C. R.; GARBUGLIO, D. D.; MACHADO, A. C. Z.; PÓLA, J. N.; CARVALHAL, R.; ARRUDA, K. M. A. IPR AFRODITE – new oat cultivar with nematode resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 278-281, 2015.

RIZZARDI, A.; RIZZARDI, M. A.; LAMB, T. D.; JOHANN, L. B. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 717-724, 2008.

ROCHA, T. L.; MURAD, A. M.; EVARISTO, R. G. S.; ALMEIDA, W. S.; MAGALHÃES, J. C. C.; MATTAR, M. C. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. **Efeito nematicida de extratos aquosos de sementes de plantas sobre juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita***. 1. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. (Documentos, 144).

ROCHA, F. S.; CAMPOS, V. P.; CANUTO, R. S.; SOUZA, R. M. de. Efeito do armazenamento na energia corporal de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita* infestados por *Pasteuria penetrans*. **Summa Phytopathogica**, v. 35, n. 1, p. 15-19, 2009.

SANTANA, S. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BIELA, F.; CUNHA, T. P. L. da; CHIAMOLERA, F. M.; ROLDI, M.; ABE, V. H. F. Plantas antagonistas no manejo de *Meloidogyne incognita*, em solo arenoso de área de cultivo de olerícolas. **Nematropica**, v. 42, n. 2, p. 287-294, 2012.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.

SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S. da; ALEGRE, C. R.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; KANAYAMA, F. S.; BARRETO, P. C. Reaction of coffee cultivars Tupi IAC 1669-33 and IPR 100 to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 293-298, 2009.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; SILVA, S. A.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Host reaction of arabica coffee genotypes derived from “Sarchimor” to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematoda**, v. 3, 2016. eCC042016.

SCHUMACHER, W. J.; THILL, D. C.; LEE, G. A. Allelopathic potencial of wild oat (*Avena fatua*) on spring wheat (*Triticum aestivum*) growth. **Journal of Chemical Ecology**, v. 9, n. 8, p. 1235-1245, 1983.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 71-78, 2002.

SOARES, J. L. G.; VIEIRA, T. R. Inibição da geminação e do crescimento radicular de alface (cv. Grandrapids) por extratos de cinco espécies de *Gleicheniaceae*. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 180-197, 2000.

SORIANO, I. R.; ASENSTORFER, R. E.; SCHMIDT, O.; RILEY, I. T. Inducible flavone in oats (*Avena sativa*) is a novel defense against plant-parasitic nematodes. **Phytopathology**, v. 94, n. 11, p. 1207-1214, 2004.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório – revisão crítica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

SOUZA FILHO, A. P. S.; MOURÃO Jr., M. Padrão de resposta de *Mimosa pudica* e *Senna obtusifolia* à atividade potencialmente alelopática de espécies de Poaceae. **Planta Daninha**, v. 28, p. 927-938, 2010. Número especial.

SOUZA FILHO, A. P. S.; TREZZI, M. M.; INOUE, M. H. Sementes como fonte alternativa de substâncias químicas com atividade alelopática. **Planta Daninha**, v. 29, n. 3, p. 709-716, 2011.

STIRLING, G. R. Biological control of plant parasitic nematodes. Progress, problems and prospects. **Environmental Entomology**, v. 22, n. 4, 1993, p. 881–882, 1993.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 753-756, 2000.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Documentos, 62).

WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 949-953, 2008.

WANDSCHEER, A. C. D.; BORELLA, J.; BONATTI, L. C.; PASTORINI, L. H. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 25-30, 2011.

WILLIAMSON, V. M.; GLEASON, C. A. Plant-nematode interactions. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 4, p. 327-333, 2003.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. Laboratory screening for allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 51, n. 2, p. 259 – 266, 2000.